
CONTROL ESTADÍSTICO DE LA CALIDAD EN LOS PARÁMETROS DE RECEPCIÓN DE LECHE CRUDA EN UNA EMPRESA LECHERA EN MANIZALES



Presentado por
JUAN DAVID PATIÑO BOTERO
VICTOR MANUEL SERNA RIVERA

LOS LIBERTADORES
FUNDACIÓN UNIVERSITARIA

Fundación Universitaria Los Libertadores

Facultad de Ingeniería y Ciencias Básicas

Especialización en Estadística Aplicada

Bogotá D.C, Colombia

2019

CONTROL ESTADÍSTICO DE LA CALIDAD EN LOS PARÁMETROS DE RECEPCIÓN DE LECHE CRUDA EN UNA EMPRESA LECHERA EN MANIZALES

Presentado por

JUAN DAVID PATIÑO BOTERO

VICTOR MANUEL SERNA RIVERA

LOS LIBERTADORES
FUNDACIÓN UNIVERSITARIA

en cumplimiento parcial de los requerimientos para optar al título de

Especialista en Estadística Aplicada

Asesor temático

JOSÉ JOHN FREDY GONZÁLEZ VELOZA

Asesor metodológico

ADRIANA PATRICIA GALLEGU TORRES

Fundación Universitaria Los Libertadores

Facultad de Ingeniería y Ciencias Básicas

Especialización en Estadística Aplicada

Bogotá D.C, Colombia

2019

Notas de aceptación



Firma del presidente del jurado

Firma del jurado

LOS LIBERTADORES
FUNDACIÓN UNIVERSITARIA

Firma del jurado

Bogotá DC, diciembre de 2019.



LOS LIBERTADORES

FUNDACIÓN UNIVERSITARIA

Las directivas de la Fundación Universitaria Los Libertadores, los jurados calificadores y el cuerpo docente no son responsables por los criterios e ideas expuestas en el presente documento. Estos corresponden únicamente a los autores y a los resultados de su trabajo.

Contenido

Planteamiento del Problema.....	4
2.1 Objetivos	6
2.1.1 Objetivo General	6
2.1.2 Objetivos Específicos.....	6
2.2 Justificación.....	7
Marco Teórico	9
3.1 Parámetros fisicoquímicos de la leche	9
3.1.1 Definiciones	9
3.1.2 Grasa	12
3.1.3 Proteína	14
3.1.4 Sólidos No Grasos (SNG)	17
3.2 Control de los parámetros	19
3.2.1 Planeación de la producción y rendimiento	19
3.2.2 Pago al proveedor	20
3.2.3 Cartas de control estadístico	22
Marco Metodológico.....	27
Análisis y Resultados.....	30
5.1 Caracterización de las variables por hato.....	30
5.1.1 Grasa	30
5.1.2 Proteína	32
5.1.2 Sólidos no grasos	33
5.2 Correlación entre variables	34
5.3 Cartas de control.....	38
5.3.1 Grasa	38
5.3.2 Proteína	41
5.3.3 Sólidos no grasos	46
Conclusiones	50
Glosario.....	53
Bibliografía	54
Anexos	56

Índice de Gráficos

	Gráfico	Página
Gráfico 1	Proteínas de la leche	15
Gráfico 2	Carta de control de Shewhart	23
Gráfico 3	Estadístico T^2 de Hotelling	25
Gráfico 4	Boxplot para Grasa	31
Gráfico 5	Boxplot para Proteína	33
Gráfico 6	Boxplot para Sólidos No Grasos	34
Gráfico 7	Matriz de dispersión Grasa	35
Gráfico 8	Matriz de dispersión Proteína	36
Gráfico 9	Matriz de dispersión Sólidos No Grasos	37
Gráfico 10	Carta T^2 de Hotelling para grasa	38
Gráfico 11	Carta de control grasa hato 2	39
Gráfico 12	Carta de control grasa hato 5	39
Gráfico 13	Carta de control grasa hato 7	40
Gráfico 14	Carta T^2 de Hotelling para Proteína	41
Gráfico 15	Carta de control proteína hato 1	42
Gráfico 16	Carta de control proteína hato 2	42
Gráfico 17	Carta de control proteína hato 5	43
Gráfico 18	Carta de control proteína hato 8	43
Gráfico 19	Carta de control proteína hato 9	44
Gráfico 20	Carta de control proteína hato 11	44
Gráfico 21	Carta T^2 de Hotelling para Sólidos no grasos	46
Gráfico 22	Carta de control SNG hato 1	47
Gráfico 23	Carta de control SNG hato 2	47
Gráfico 24	Carta de control SNG hato 3	48

Índice de Tablas

	Tabla	Página
Tabla 1	Composición de la leche cruda de vaca	10
Tabla 2	Composición química de la leche de diversas razas	11
Tabla 3	Porcentaje total de Lípidos	12
Tabla 4	Características Fisicoquímicas de la leche cruda	21

Índice de Anexos

Anexo	Página
Anexo 1. Matriz correlaciones para grasa	56
Anexo 2. Matriz correlaciones para proteína	57
Anexo 3. Matriz correlaciones para sólidos no grasos	58
Anexo 4. Tablas de descomposición MYT para grasa	59
Anexo 5. Tablas de descomposición MYT para proteína	60
Anexo 6. Tablas de descomposición MYT para sólidos no grasos	61

CONTROL ESTADÍSTICO DE LA CALIDAD EN LOS PARÁMETROS DE RECEPCIÓN DE LECHE CRUDA, EN UNA EMPRESA LECHERA EN MANIZALES

Resumen

El sector lácteo en Colombia posee muchas dificultades en el acople entre los eslabones de la cadena alimentaria relativos a la producción y la transformación, pues por muchos años esta transacción se realizaba desde el comercio informal. Solo desde la última década se ha ejercido la regulación necesaria para contrarrestar la adulteración de la leche y mejorar el mercado mediante el pago por calidad establecido en la Res 0017/12, no obstante, para la industria láctea, las adulteraciones del proveedor se reflejan en pérdidas económicas y desajustes del rendimiento en el proceso de transformación, siendo este el caso de una empresa lechera en la ciudad de Manizales, que debido a la variabilidad del proceso de recepción de leche cruda de 11 hatos que suministran diariamente 14000 litros, decide incorporar el control estadístico de la calidad a las variables de Grasa, Proteína y Sólidos No Grasos. Mediante la utilización de cartas de control multivariadas, descomposición MYT y cartas de control univariado, se logra identificar cuáles son los proveedores que contribuyen a las fallas del proceso productivo.

Palabras claves: cartas de control, grasa, leche, proteína, sólidos no grasos

Capítulo 1

Introducción

El presente trabajo aplica el tema de control estadístico de la calidad, a la industria de los alimentos, en especial al sector lácteo. En Colombia dicho sector está regulado por el decreto 616 de 2006, que define la leche como la secreción mamaria normal de animales bovinos, bufalinos y caprinos lecheros sanos, obtenida mediante uno o más ordeños completos, sin ningún tipo de adición, destinada al consumo en forma de leche líquida o a elaboración posterior. Según (Mercado, González, Rodríguez, & Carrascal, 2014) existen en el país cerca de 400 empresas dedicadas al acopio de leche o a la producción de derivados lácteos.

Como lo manifiesta el mismo autor, la leche es uno de productos alimenticios con mayor índice de adulteración voluntaria, en el cual existen problemáticas detectadas desde el siglo pasado como queda consignado en el documento del (Instituto interamericano de cooperación para la agricultura IICA OEA, 1981); estas adulteraciones radican en la manipulación de la composición química y física de la leche, generando que factores como la grasa, proteína y sólidos no grasos (SNG), se vean modificados y generen pérdidas significativas en la industria láctea.

Dichos inconvenientes se ven reflejados en la imposibilidad de estandarizar el producto, que conduce a una varianza excesiva en los rendimientos obtenidos, incumplimiento de las ordenes de producción y faltantes a los clientes, además de cambios sensoriales en el producto final que impide una fidelización real con el consumidor que elige la marca.

En este sentido una industria láctea manizaleña, detecta que el problema principal radica en el control de las variables de recepción de leche: Grasa, Proteína y Sólidos No Grasos, que son

los que influyen directamente en el rendimiento de los productos lácteos según lo expresa (Dalla, 2015).

Esta empresa, cuenta con 11 hatos que proveen diariamente en promedio 14000 litros de leche, producto que es transportado mediante carrotanques y cantinas a la planta, donde el departamento de recepción realiza las pruebas de plataforma, para determinar la aceptación o rechazo de la materia prima. Este procedimiento se hace basado en la normatividad colombiana decreto 616/2006, donde se obtienen los valores de los parámetros Grasa, Proteína y Sólidos No Grasos (SNG), además de otras variables microbiológicas que determinan las condiciones higiénicas y fisicoquímicas de la leche. Basados en estos datos se procede a realizar el pago al proveedor mediante bonificaciones y penalidades según lo establece la resolución 0017 de 2012.

Bajo este panorama se decide aportar mecanismos de mejora mediante el control estadístico de la calidad, específicamente introduciendo una metodología que lleve a la detección de parámetros fuera de control como los son grasa, proteína y sólidos no grasos, los cuales brinden información acerca de cuál hato y que día el proceso ha salido de control. Para esto, se realiza en primer lugar un análisis univariado para caracterizar las variables composicionales de la leche, posteriormente un análisis multivariado permite identificar el día en el cual el proceso salió de control mediante la descomposición MYT, para señalar los hatos responsables y por último, mediante un análisis univariado, se analizan las posibles causas de la falla y el parámetro involucrado.

Capítulo 2

Planteamiento del Problema

Una empresa manizaleña dedicada a la transformación de leche bovina midió el rendimiento obtenido en la elaboración de sus derivados y hallaron inconsistencias considerables en los resultados producción utilizando siempre el mismo volumen de leche, la variación en el rendimiento para el caso de queso puede oscilar entre el 10% y 14% lo que significa mermas de rendimiento equivalentes hasta 500kg de producto terminado y pérdidas económicas significativas diariamente. Se analizaron fallas en los procesos de elaboración, análisis de tiempos y movimientos y mantenimiento de equipos y tuberías, sin encontrar deficiencias en estos aspectos. Dicho problema ha desencadenado en faltantes recurrentes de producto, incumplimiento a los clientes, errores logísticos y pérdidas económicas, debido a que, al no tener estandarizado el proceso, es imposible predecir la cantidad de producto terminado que se obtiene al final de la jornada.

La empresa no ha enfatizado en la importancia de tener bajo control cada uno de los proveedores que suministran la materia prima, en especial aquellos que hacen parte del grupo denominado LECHE CALIENTE, llamado así por que el producto no ha recibido ningún tratamiento térmico de refrigeración, es leche fresca o del día y puede presentar mayor cantidad de adulteraciones.

Teniendo en cuenta que se trata de pequeños productores que venden la leche al transportador independiente, quien hace las veces de intermediario entre ellos y la planta de transformación, quien a su vez fija el precio a la leche, cabe la posibilidad de que en algún punto de la cadena, uno de los protagonistas quiera sacar mayor provecho de la

manipulación con la sustracción de componentes fundamentales y la adición de sustancias que enmascaran dicha ausencia o un deterioro de la materia prima. Ese provecho individual se traduce en deficiencia nutricional, económica, de proceso y de rendimiento para la empresa y el consumidor final del producto.

Una vez identificado el problema, se determina la necesidad de realizar seguimiento sobre el porcentaje mínimo de los parámetros fisicoquímicos más influyentes en la calidad nutricional de la leche recibida, siendo estos mismos los que determinan el precio de la leche cruda que se comercializa a nivel nacional.; debido a que la legislación colombiana (Dec 616/2006) solo obliga al cumplimiento de unos valores mínimos en ciertas variables fisicoquímicas de la leche, los cuales son cumplidos por la mayoría de los productores ampliamente. Por consiguiente, las pruebas de laboratorio iniciales que determinan la aceptación o rechazo de un lote de materia prima, cobran más relevancia en parámetros microbiológicos y adulteraciones que en las variables que influyen directamente en el rendimiento del proceso productivo como son grasa, proteína y SNG que, por consiguiente, no son controlados ni analizados eficazmente.

La dificultad parte de la incapacidad de poder estandarizar los rendimientos en un proceso de producción ya que existe demasiada variabilidad entre el resultado de la producción de un día y otro utilizando siempre la misma cantidad de leche. Como medida inmediata se realizó una supervisión y control a cada ingreso de leche dentro de la planta, desde la recepción hasta la elaboración del producto final; se calibraron equipos de medida y se realizó mantenimiento a los empaques y sellos que pudieran inducir a pérdidas de producto, incluso se instalaron cámaras y se reforzó la seguridad del cuarto frío y de la planta en general con el fin de evitar derrames o pérdida de producto elaborado.

Después de estas acciones el problema continúa, y esto genera pérdidas económicas significativas a la empresa, faltantes de producción a los clientes institucionales,

desbalanceo de las formulaciones del producto, errores logísticos y en general, la preocupación constante de la junta directiva.

2.1 Objetivos

2.1.1 Objetivo General

Determinar los causantes por los cuales los parámetros fisicoquímicos de la leche cruda se encuentran fuera de control, mediante la utilización de técnicas de control estadístico de la calidad.

2.1.2 Objetivos Específicos

- Efectuar una revisión bibliográfica que permita establecer la influencia de la grasa, la proteína y los sólidos no grasos en la producción de derivados lácteos.
- Caracterizar el comportamiento de las variables fisicoquímicas en cada uno de los productores de leche cruda.
- Construir cartas de control para determinar las fallas del proceso de recepción de leche, con respecto a cada una de las variables establecidas en cada uno de los hatos.

2.2 Justificación

La leche de vaca es considerada el alimento por excelencia dada su composición química en la que se encuentran todos los macronutrientes y gran cantidad de micronutrientes. El contenido de dichos componentes, aunado a la amplia gama de derivados y eficiencia en los procesos de transformación, hacen de la leche un producto de mucha demanda, que aumenta si dichos elementos constitutivos son de elevada calidad, lo que influye directamente en las características sensoriales, organolépticas y fisicoquímicas de los productos obtenidos y en el precio de venta.

Las características de la leche cruda son fundamentales a la hora de obtener productos derivados como leche pasteurizada, descremada, deslactosada, ultrapasteurizada, queso, yogurt, kumis, entre otros; motivo por el cual, se considera de suma importancia que el porcentaje de grasa, proteína y sólidos no grasos sea alto y constante, pues de ello dependen los rendimientos obtenidos en la transformación y de igual manera el precio de pago al productor¹.

Dado lo anterior, se hace indispensable tener control sobre el valor de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos de la leche que ingresa a la planta y así lograr derivados de calidad que permitan posicionar la empresa a nivel comercial, mediante la implementación de un mecanismo que asegure control sobre las variables en la recepción de materia prima.

¹ Regulado por la resolución 0017 de 2012, fijando valor por cada gramo de cada componente en la leche cruda, que a su vez se bonifica o castiga por la calidad microbiológica con que cuente la leche al momento de la transacción.

En consecuencia, se elaboran cartas de control a las variables determinantes de la calidad de la leche que se recibe para contribuir a la estandarización del rendimiento del proceso de obtención de derivados lácteos, lo cual se verá reflejado en beneficios económicos para la empresa, en el bienestar nutricional del consumidor y en la justa retribución económica al productor.

Capítulo 3

Marco Teórico

3.1 Parámetros fisicoquímicos de la leche

3.1.1 Definiciones

Según la normatividad colombiana en el Decreto 616 de 2016 la leche *es el producto de la secreción mamaria normal de animales bovinos, bufalinos y caprinos lecheros sanos, obtenida mediante uno o más ordeños completos, sin ningún tipo de adición, destinada al consumo en forma de leche líquida o a elaboración posterior*, en este sentido la leche se convierte en un alimento con alto valor nutricional, debido al contenido de macronutrientes que posee y es considerado un alimento básico en la dieta de niños, ancianos, enfermos, y en general de toda la población. Esto se evidencia en el ciclo biológico de cualquier mamífero, quien basa su alimentación en las primeras etapas de su vida única y exclusivamente en la secreción mamaria de su madre (Agudelo Gómez & Bedoya Mejía, 2005). Este autor coincide con varios en expresar que el ser humano a lo largo de su existencia ha logrado utilizar este principio nutricional con el que cuenta la leche para la elaboración de diversos productos derivados tales como queso, yogurt y mantequilla, entre otros, y de esta manera diversificar o complementar su alimentación.

Terminado el parto, la vaca empieza con las secreciones mamarias, las cuales en primer lugar son “calostro”, un tipo de secreción con un alto contenido de sólidos, de fuerte olor y sabor amargo, abundante en inmunoglobulinas y con una composición promedio de 79% agua, 10% proteínas, 7% grasa, 3% lactosa y 1% cenizas; que tiene por objetivo fortalecer el sistema inmunológico del becerro. Una vez terminado este ciclo el animal sintetiza

propiamente la leche durante toda la lactancia que varía de 180 a 300 días, con una producción media diaria muy fluctuante que va desde 3 litros hasta los 25 litros (Badui Dergal, 2006).

Según Mamani, (2009), la composición promedio descrita es realmente la que expresa en realidad la riqueza nutricional que la leche posee, pues es uno de los pocos alimentos que contiene los tres macronutrientes en cantidades significativas, como se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 1: Composición de la leche cruda de vaca		
Proteínas		3,2%
	Caseínas	2,4%
	Lacto séricas	0,7%
Grasa		3,4%
Lactosa		4,7%
Minerales		0,9%
Sólidos Totales		12,1%

Fuente: (Mamani, 2009)

Como se puede observar en los dos primeros compuestos, proteínas y grasa, es donde la leche cobra su importancia nutricional, la fracción lipídica, formada principalmente por ácidos grasos saturados, monoinsaturados, y poliinsaturados (Harvatine, Boisclair, & Bauman, 2009), y la fracción proteica, donde se distinguen las caseínas, las proteínas del lactosuero y las proteínas de la membrana del glóbulo graso (Swaisgood, 2003).

No obstante las cantidades de estos parámetros pueden variar según ciertos factores como alimentación, distribución geográfica, ciclo vital del animal e incluso factores ambientales como el stress térmico, tal como lo afirma (Jiangjing, Lanqi, Xiaoli, Yongqiang, & Dong,

2019); No obstante, la principal razón para la varianza de estos parámetros obedece a la raza del animal, la cual se representa en la siguiente tabla:

Tabla 2: Composición química de la leche de diversas razas (%)					
Raza	Agua	Grasa	Proteína	Lactosa	Cenizas
Holstein	88,1	3,4	3,1	4,6	0,71
Ayshire	87,3	3,9	3,4	4,4	0,73
Suiza café	87,3	3,9	3,3	4,6	0,72
Guernsey	86,3	4,5	3,6	4,7	0,75
Jersey	85,6	5,1	3,7	4,7	0,74

Fuente: (Badui Dergal, 2006)

Debe tenerse en cuenta que la cantidad expresada puede diferir entre otras poblaciones lácteas debido a la composición de la raza y las condiciones ambientales (clima, manejo, nutrición y cuidado de la salud) (Laodim, 2019).

Por consecuencia, los hatos productores de leche obtienen unos valores estándares de dichos compuestos, como resultado de seleccionar o cruzar ganado que satisfaga las necesidades del productor y de la empresa en la cual comercialicen su leche.

Estos parámetros en la elaboración de derivados lácteos tienen incidencia organoléptica, fisicoquímica e influyen directamente en el rendimiento del producto a elaborar. Por esta razón, es de vital importancia que en la industria lechera se controlen al máximo las variables de Grasa, Proteína y Sólidos no grasos, estos últimos formados por proteína, lactosa y minerales, con el fin de lograr estandarizar un derivado lácteo (Alais, 2003). Dicha estandarización se convierte finalmente en una forma de fidelizar al cliente, el cual buscará la marca por unas determinadas características sensoriales que se mantienen en el tiempo; también logrará ajustar al máximo la relación entre: Rendimiento real/Rendimiento

esperado, que para una empresa se hace fundamental a la hora de calcular los costos de operacionales y el margen de utilidad a obtener (Dalla, 2015).

A continuación, se profundizará en cada uno de estos componentes en la leche, con el fin de lograr comprender el papel que juegan en la elaboración de derivados lácteos.

3.1.2 Grasa

La grasa de la leche está representada por un gran número de sustancias solubles en disolventes orgánicos aun cuando el 96 a 98% corresponde al grupo de los triacilglicéridos. Los lípidos que se encuentran en menor concentración también cumplen funciones importantes dentro del comportamiento y en la función nutricional que desempeñan, en los cuales se destacan son los diacilglicéridos, monoacilglicéridos, fosfolípidos, ácidos grasos libres y colesterol (Badui Dergal, 2006).

Tabla 3: Porcentaje total de Lípidos	
Triacilglicéridos	96-98
Diacilglicéridos	2,1
Monoacilglicéridos,	0,08
Fosfolípidos	1,1
Ácidos grasos libres	0,2
Colesterol	0,45

Fuente: (Badui Dergal, 2006)

Dichos lípidos son necesarios en pequeñas cantidades por ser una fuente concentrada de energía que, al ser oxidada, suministra en el organismo 9 kcal/g. Adicionalmente son componentes estructurales indispensables, pues forman parte de las membranas biológicas e intervienen en la síntesis de hormonas esteroideas y de sales biliares, además de transportar las vitaminas liposolubles (A, D, E y K) y ciertos ácidos grasos esenciales que el hombre no

puede sintetizar: el ácido linoleico y el alfa-linolénico que juegan un papel especial en ciertas estructuras, principalmente en el sistema nervioso (Azcona, 2013).

Tanto el contenido total de lípidos como el de ácidos grasos puede variar considerablemente como respuesta a cambios en la dieta, raza del animal y el estado de lactancia entre un 3% y un 6%, aunque típicamente el contenido de grasa puede estar entre 3.5% y 4.7%. no obstante. el factor que más influye en el contenido de lípidos en la leche es, en definitiva, la raza animal (Cámara Nacional de Industriales de la leche, 2011).

Los triacilglicéridos se encuentran como pequeñas partículas llamadas glóbulos que en la leche cruda tienen un tamaño de 2-8 μm con una membrana constituida por diversos lípidos, proteínas y algunas sales. Presentan una enorme diversidad de ácidos grasos, ya que mientras en la mayoría de los aceites usados en los alimentos (soya, manteca de cerdo, etcétera) sólo se encuentran 8-10 de ellos, en la grasa láctea se han identificado más de 400, lo que la hace la fracción lipídica más compleja conocida hasta ahora (Badui Dergal, 2006) Consecuentemente, para la industria láctea, la grasa representa gran importancia por las características organolépticas que aporta en el producto final, como mantequilla, helados, kumis, yogurt y algunos tipos de quesos; de todas estas peculiaridad se desprende que sea muy cotizada y que posea un valor muy alto en el mercado (Cámara Nacional de Industriales de la leche, 2011).

En consecuencia, algunos productores se ven tentados a extraer parcialmente la grasa de la leche cruda y sustituirla o no con otra grasa o con algún aceite parcialmente hidrogenado. Esta adulteración ya es conocida desde hace muchos años y realizada aún en la actualidad no por pocos productores, quienes quieren obtener más dinero por su producto; el llamado “cuchareo” se realiza mediante una centrifugación o agitación manual, en la cual se obtiene que en la parte superior de la cantina la grasa se pueda retirar fácilmente con la ayuda de una cuchara, reduciendo drásticamente el porcentaje de la misma en el líquido (Instituto

interamericano de cooperación para la agricultura IICA OEA, 1981). Sin embargo, cuando esta adulteración es reemplazada con otro tipo de grasa, es muy difícil de detectar, ya que la relación de concentraciones de los ácidos butírico y cáprico es única para la leche de vaca y su determinación se efectuó únicamente por cromatografía de gases (Badui Dergal, 2006). Bajo este panorama, existe en la industria un mecanismo legal para realizar determinación rápida de los parámetros fisicoquímicos de la leche con el fin de cuantificar si cumplen o no con los mínimos contemplados en la legislación, esto permite aceptar y rechazar el producto o detectar adulteraciones y alteraciones para realizar el pago posterior al proveedor. (Ministerio de la protección social, 2006).

3.1.3 Proteína

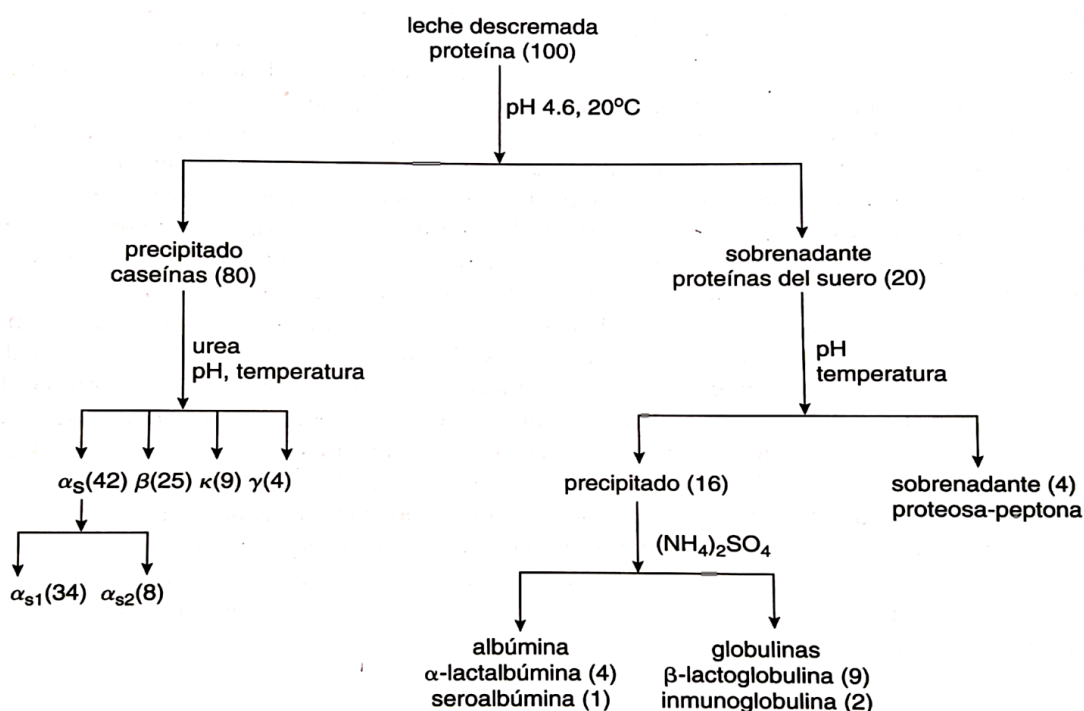
Dentro de los compuestos orgánicos las proteínas son de las más complejas y, desde el punto de vista nutricional, constituyen la parte más importante de la leche, por tener un papel fundamental para las funciones vitales del ser humano; en efecto, para el uso industrial constituyen un papel preponderante en la elaboración de derivados lácteos como el queso, con una participación cercana al 30% (Revilla, 1982).

La función primaria de las proteínas lácteas es el aporte de aminoácidos indispensables y de nitrógeno orgánico para la síntesis y reparación de tejidos y otras proteínas de importancia biológica. La leche de vaca es considerada una excelente fuente de proteínas de alto valor biológico, ya que contiene los diez aminoácidos indispensables para las funciones del ser humano (Cámara Nacional de Industriales de la leche, 2011).

Siendo así, la leche es un buen alimento debido a la alta calidad de sus proteínas, las cuales han sido divididas en dos grandes grupos, de acuerdo con su estado de dispersión: las caseínas, que representan 80% del total, y las proteínas del suero o seroproteínas, con el 20% restante. (Badui Dergal, 2006)

A continuación, se muestra gráficamente la división de las proteínas en la leche:

Figura 1: Proteínas de la leche



Fuente: (Badui Dergal, 2006)

Las caseínas:

Están constituidas por las fracciones α β κ γ , caseínas, que se distinguen entre sí por su composición de aminoácidos y propiedades funcionales. Las caseínas se encuentran suspendidas en la leche a través de micelas, formadas por complejos macromoleculares de fosfoproteínas y glucoproteínas en suspensión coloidal. El papel nutricional de la caseína es el suministro de aminoácidos, calcio y fósforo inorgánico (Badui Dergal, 2006)

Proteínas del suero de leche:

También conocidas como seroproteínas, se consideran proteínas solubles y se clasifican principalmente en albúminas y globulinas, entre las que se incluyen α -lactoalbúminas, β -lactoglobulinas, inmunoglobulinas, proteasas, peptonas y otros compuestos nitrogenados minoritarios no específicos como lactoferrina y lisozima.

Industrialmente, las proteínas del suero de leche se utilizan en la fabricación de fórmulas infantiles, alimentos para deportistas y como fuente de aminoácidos de cadena ramificada (leucina, isoleucina, valina) y para las fórmulas nutricionales especializadas (Badui Dergal, 2006)

Las proteínas del suero están estabilizadas por diferentes mecanismos desde el seno de la leche. Es sencillo separarlas mediante la manipulación de parámetros como pH, temperatura y fuerza iónica, y con el uso de sustancias como la urea, pero esta adulteración en manos del productor no es fácil de realizar sin cambiar a fondo las propiedades fisicoquímicas de la leche. No obstante, cuando se encuentra una leche con una cantidad reducida de proteína, obedece más a deficiencias en los procesos de manipulación, como contaminación microbiana en el post-ordeño o enfermedades como la mastitis, edad y época de año. (Looper, 2013)

En una mala manipulación se da la fermentación de la lactosa, que transforma dicho carbohidrato en ácido láctico reduciendo el pH a menos de 4.6 (punto isoelectrico de la leche) y logrando que la caseína se precipite. Dicho proceso de manera controlada es benéfico a la hora de la producción de queso, pero de manera aleatoria, provoca una alteración de la composición proteica de la leche.

En resumen, la proteína es un factor de gran importancia dentro de la industrialización láctea, ya que influye de manera directa sobre el rendimiento y la aptitud tecnológica de la leche, el contenido de caseína juega un rol importante en la producción de quesos (Ěejna & Chládek, 2005). De igual manera, es responsable de la viscosidad y la palatabilidad del producto, de aquí que sea de vital importancia tener bajo control este parámetro en el momento de la recepción. (Hadde, Nicholson, Cichero, & Deblauweac, 2015)

3.1.4 Sólidos No Grasos (SNG)

Como se observa en la tabla 1, los sólidos totales (ST), son todos los elementos composicionales de la leche diferentes del agua, que pueden tener un mínimo de 11.3% (Ministerio de la protección social, 2006), no obstante en Colombia solo es 90% de los productores cumplen con la normatividad, lo cual puede indicar la adición de agua o lactosueros con fin de aumentar el rendimiento de la leche. (Mercado, González, Rodríguez, & Carrascal, 2014)

A razón de esto, los sólidos no grasos (SNG), son los Sólidos de la leche diferentes a la materia grasa presente en el producto, hace referencia a la proteína (caseína y proteínas del suero), lactosa y algunas sales y minerales. (Ministerio de la protección social, 2006)

Lactosa:

Es el principal carbohidrato de la leche, es un disacárido formado por galactosa y glucosa, es el componente menos variable de la leche (4,8 a 5,0%). Este componente se sintetiza totalmente en la glándula mamaria a partir de la glucosa y los ácidos grasos volátiles (en rumiantes). Además, en la producción de quesos, la lactosa permanece mayormente en el suero, constituyendo la mayor parte del extracto seco (Viera, 2013).

La lactosa es un 85% menos dulce que la sacarosa o azúcar común y contribuye, junto con las sales, en el sabor global de la leche, siendo las cantidades de lactosa y sales inversamente proporcionales. La lactosa es fácilmente transformada en ácido láctico por la acción de bacterias. Para el ser humano, la lactosa constituye la única fuente de galactosa, un importante constituyente de los tejidos nerviosos (Cámara Nacional de Industriales de la leche, 2011).

La lactosa se usa en la industria para retener compuestos que imparten sabores, aromas y colores. Se emplea en la panificación, pues interactúa fácilmente con proteínas y produce

pigmentos mediante reacciones de Maillard; se aplica en productos de confitería, mezclas secas, productos lácteos y fórmulas para alimentación infantil. (Badui Dergal, 2006)

En la industria los valores de la lactosa no son usualmente cuantificados, por lo general estos siempre permanecen estables, sin importar, raza, alimentación, época del año, como se puede observar en la tabla 2 (Hadde, Nicholson, Cichero, & Deblauweac, 2015).

Minerales:

Los minerales más importantes en la leche son los bicarbonatos, cloruros y citratos de calcio, magnesio, potasio y sodio. La leche es una fuente importante de calcio en la dieta de humanos y se considera que la asociación con las caseínas puede mejorar la absorción en el tracto gastrointestinal. El calcio es un factor clave para asegurar un buen estado óseo y el desarrollo dental de los jóvenes y es indispensable una ingesta adecuada del mismo. (Cámara Nacional de Industriales de la leche, 2011)

Estos minerales se encuentran en solución o formando parte del sistema coloidal de las caseínas. En la leche se encuentran también otros elementos como el aluminio, boro, bromo, cobre, yodo, hierro, magnesio, manganeso, cromo, níquel, cinc y rastros de arsénico, cobalto y plomo. Dado que las vacas que padecen mastitis segregan leches con un alto contenido de cloruros, su concentración se ha utilizado como un índice para medir la sanidad de los animales. (Badui Dergal, 2006)

3.2 Control de los parámetros

3.2.1 Planeación de la producción y rendimiento

Expresado en términos de la industria alimentaria, el rendimiento es la relación entre la masa de producto formado y la de reactante consumido, un parámetro estequiométrico muy importante, que busca anticipar el gasto de materia prima de mano de obra y recursos.

En las reacciones enzimáticas y bioquímicas este cálculo es simple, pero para las reacciones orgánicas es más complejo dado que hay varias reacciones que se producen simultáneamente y estados físicos que intervienen a la par. Para el caso de los lácteos, interviene la fase micelar y la fase lipídica, con características totalmente distintas, y susceptibles a cambios muy pequeños.

Una consecuencia de esta complejidad es, según lo señalado por la mayoría de los autores del área bioquímica o biológica, la necesidad de distinguir los rendimientos teóricos de los observados o reales. Dicho rendimiento corresponde a la expresión matemática de la cantidad de producto obtenida a partir de una determinada cantidad de leche y normalmente es expresada como kg de producto por 100 kg de leche. En la industria láctea es importante poder calcular de antemano el rendimiento con el fin de presupuestar los materiales, mano de obra y equipamientos que se utilizarán en la elaboración. En temas económicos, si se alcanza un rendimiento estándar, será posible el calcular la rentabilidad, tener bajo control el funcionamiento y rentabilidad del proceso. (Dalla, 2015)

Concretamente, para el rendimiento del queso, línea de proceso donde se presenta la mayor cantidad de variaciones, diversos autores han intentado desarrollar ecuaciones que permitan hacer una predicción ajustada a la cantidad de queso obtenido (Babcock Van Slyke y

Publow). No obstante, las ecuaciones más ajustadas son las que introducen variables como contenido de proteína, grasa, sólidos totales y sólidos no grasos; como también contenido de humedad, sal y materia del producto a elaborar. (Dalla, 2015)

Por consiguiente, la composición química de la leche juega un papel relevante en el cálculo del rendimiento; la cantidad de proteína o caseína, el contenido de materia grasa, relación entre materia grasa y caseína (MG/Caseína), como también el contenido de sustancias minerales, influyen directamente en la cantidad de producto obtenido. En otras palabras, los sólidos totales son los que influyen directamente en la cantidad de queso obtenido, sin embargo, de los sólidos totales, los que más influyen son los SNG, esto se debe a que la única fuente de paracaseína que forma el elemento estructural del queso es la caseína, responsable de retener la mayor parte de los componentes químicos y del agua 55%.

En conclusión: el efecto de las proteínas y en particular la caseína, es fundamental debido a que cada gramo de caseína proporciona al producto un peso que es muy superior al que proporciona un gramo de grasa. (Dalla, 2015)

Se puede también afirmar que mantener bajo control las variables de grasa, proteína y Sólidos no grasos, contribuye a mantener estables los rendimientos reales de los derivados lácteos, lo que conlleva a controlar los costos operacionales, ingresos e inventarios.

3.2.2 Pago al proveedor

Por otro lado, las variables de grasa, proteína y sólidos totales son indispensables para realizar el pago de la leche a quien la produce. La resolución 0017 de 2012 establece el sistema de pago de la Leche Cruda al Proveedor, normatividad que, a su vez, se fundamenta en el decreto 616 de 2006 que establece los requisitos que debe cumplir la leche para el

consumo humano que se obtenga, procese, envase, transporte, comercializa, expendi, importe o exporte en el país; los cuales se muestran a continuación:

Tabla 4: Características de la leche cruda

Parámetro/Unidad	Leche cruda	
Grasa % m / v mínimo	3.00	
Extracto seco total % m / m mínimo	11.30	
Extracto seco desengrasado % m / m mínimo	8.30	
	Min.	Máx.
Densidad 15/15°C g/ml	1.030	1.033
índice lactométrico	8.40	
Acidez expresada como ácido láctico %m/v	0.13	0.17
índice °C crioscópico	-0.530	-0.510
°H	-0.550	-0.530

Fuente: Decreto 616/2006

El porcentaje de sólidos no grasos se obtiene por diferencia cuando se conoce el aporte de grasa y el de sólidos totales. Una vez, que se cumplen estos parámetros mínimos, la leche es recibida en centro de acopio y se aplica de metodología propuesta en la resolución 0017 de 2012 donde se establecen parámetros que pueden bonificar o penalizar al proveedor tales como:

- La región en la cual se produzca la leche
 - Región 1: Cundinamarca, Boyacá, Antioquia, Quindío, Risaralda, Caldas, Nariño, Cauca y Valle del Cauca.
 - Región 2: Cesar, Guajira, Atlántico, Bolívar, Sucre, Córdoba, Chocó, Magdalena, Norte de Santander, Santander, Caquetá, Tolima, Huila, Meta, Orinoquia y Amazonia.
- Condición higiénica de la leche, expresada en UFC/ml (unidades formadoras de colonias).
- Temperatura de recepción de la leche.

-
- Estatus sanitario del hato productor de leche (cuenta o no con las certificaciones expedidas por la autoridad sanitaria)
 - La distancia en Km desde el hato hasta la plata que recibe la leche.
 - Tipo de vehículo que transporta la leche.

Establecidos los parámetros, se toma en cuenta el análisis composicional de la leche: porcentaje de grasa, proteína y Sólidos totales y se liquida con base en los precios fijados en el índice Compuesto del Sector Lácteo, que para el año 2019 son: En la región 1, para este año, el valor de la proteína pasa de \$23,38 por cada gramo a \$24,14. El gramo de grasa de \$7,79 a \$8,04, y de sólidos totales de \$8,27 a \$8,54. En la región 2, la proteína pasa de \$21,09 a \$21,77 por gramo, la grasa de \$7,02 a \$7,25 y los sólidos totales de \$7,84 a \$8,09. En conclusión, es de vital importancia también para el productor de leche, tener bajo control las variables mencionadas, pues incrementará las ganancias obtenidas por la leche que suministre.

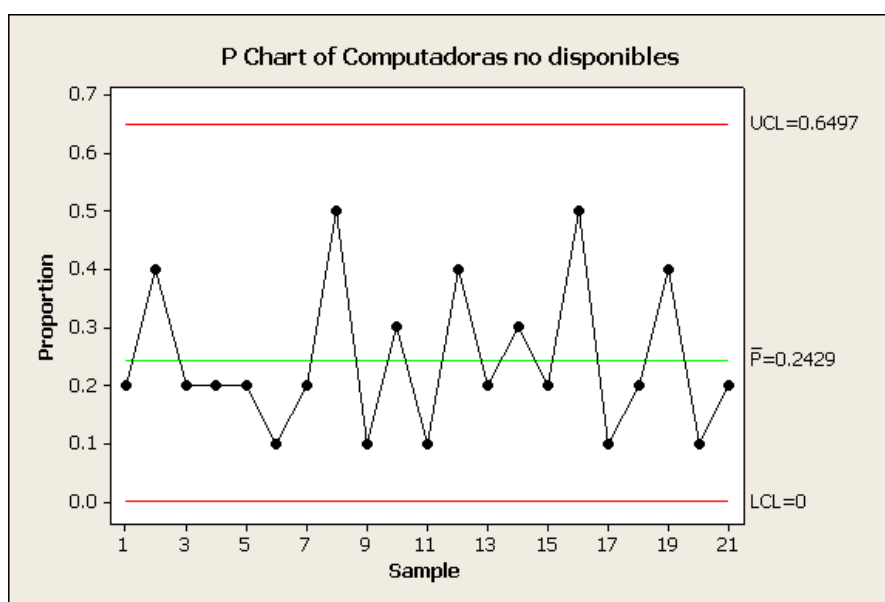
3.2.3 Cartas de control estadístico

La necesidad de estandarizar medidas o atributos en el mundo de la producción con el propósito de aumentar rendimientos impulsó el surgimiento del control de calidad a nivel industrial. Dentro del control de calidad, los datos históricos y su correcta lectura son fundamentales para mantener los estándares deseados, conociendo la naturaleza de la variable (especial o común) que influye en el producto no conforme y evitando cualquier clase de error (tipo I o tipo II) a la hora de hacer la corrección de este. Para contribuir a solucionar el problema, el doctor Walter Shewhart, alrededor del año 1921, presenta las cartas de control como mecanismo gráfico que permite visualizar cómo se comporta y

cuánto varía un proceso con respecto al tiempo, teniendo en cuenta los valores esperados del producto y el tipo de variable involucrada en el suceso.

Las cartas de control muestran a través de líneas horizontales en un plano el comportamiento bien sea de la media, el rango o el porcentaje de una variable o atributo, valiéndose de la distancia que tienen las muestras con respecto al promedio de todas las estudiadas en cada caso particular, representada por una línea central. Al mismo tiempo usa límites por encima y por debajo de dicha línea central que distan en la parte superior e inferior hasta 3 veces la desviación de los datos con respecto al promedio general de los datos analizados, cada una representada con líneas horizontales. (Pulido & De la Vara, 2013).

Gráfico 2: Carta de control de Shewhart



Fuente: <http://calidadenunaempresa.blogspot.com/2010/05/control-estadistico-de-procesos.html>

Para entender que un proceso se encuentra fuera de control, se implementaron una serie de reglas que ayudan a la interpretación de la gráfica, establecidas por el Western Electric Handbook (1956). Se consideran principalmente las siguientes:

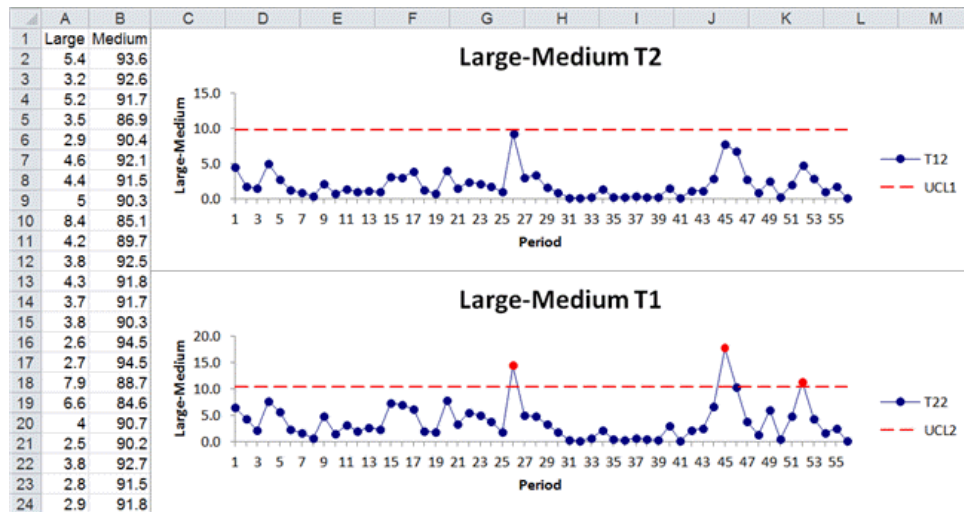
- Regla 1: Un punto fuera de las líneas de control de 3 desviaciones.

-
- Regla 2: 2 puntos consecutivos ó 2 puntos de 3 puntos consecutivos más allá de los límites de advertencia de 2 desviaciones.
 - Regla 3: 4 de 5 puntos consecutivos se encuentran a una distancia de una desviación o más de la línea central.
 - Regla 4: 8 puntos consecutivos se hallan al mismo lado de la línea central. (Toscana, Moretto, & Villarreal, 2005)

Dentro de un proceso que presenta varias variables, las cartas de Shewhart se quedan cortas al momento de visualizar dónde radica el problema. En el campo multivariado se utiliza la carta T^2 de Hotelling considerada una extensión de la carta de Shewhart.

El modelo gráfico de la carta T^2 de Hotelling presenta el comportamiento general del promedio las observaciones de las variables que participan del proceso con respecto al tiempo, señalando en qué momento del periodo estudiado ha ocurrido un percance. Cuenta con dos etapas: la primera denominada ‘calibración’, donde se obtiene información para conocer el estado actual de las condiciones del proceso, al mismo tiempo que para establecer los estándares deseados y otra de monitoreo y seguimiento. Ambos momentos establecen un límite que, cuando se supera, permite identificar la señal de un dato fuera de control.

Gráfico 3: Estadístico T^2 de Hotelling



Fuente: <https://www.qimacros.com/control-chart/hotelling-t2-chart/>

El uso de la carta T^2 es amplio en el mundo de la estadística multivariada, lo que llevó a determinar que no es muy eficaz al momento de identificar cuál de las observaciones afecta el proceso.

En el año 1995 los doctores Mason, Young y Tracy presentaron una descomposición del estadístico global T^2 en componentes independientes, asumiendo cada variable como un T^2 , poniendo de manifiesto el aporte particular de cada variable en el proceso y así poder identificar más fácilmente las observaciones responsables de ponerlo fuera de control, dicha descomposición se denomina MYT.

Para su interpretación numérica presenta 4 columnas principales que representan, de izquierda a derecha, el valor del estadístico T^2 de cada variable, el límite superior del proceso matricial dado por el estadístico, el p-valor de cada variable comparado con la distribución F y la variable que influye en la lectura de la carta T^2 de Hotelling.

Si el valor del estadístico T^2 de una o varias variables se encuentra por encima del valor del límite superior es una señal de la participación directa de dicha variable en la puesta fuera de control del proceso. (Zambrano & Zambrano, 2008).

Capítulo 4

Marco Metodológico

El estudio realizado es de metodología descriptiva y enfoque cuantitativo que tiene como propósito establecer un procedimiento de control de calidad sobre los parámetros fisicoquímicos de la leche cruda que se recibe en una empresa dedicada a la producción de leche pasteurizada y derivados lácteos en la ciudad de Manizales.

Los proveedores de LECHE CALIENTE llegan diariamente a la empresa con el producto en cantinas de 40 litros, cada día con volumen diferente, debido a que varía la producción en cada lugar donde se recolecta leche.

Se disponen las cantinas con tapa abierta para agitación manual y se realiza a cada una la prueba de alcohol. Después se toma una muestra de cada cantina y se unifican para analizar en laboratorio la leche de esa ruta, denominada por el nombre de la finca productora.

Los datos usados se obtienen a partir de lectura de cada muestra perteneciente a los proveedores por medio de un equipo llamado EKOMILK, cuya función es facilitar la lectura general de la composición porcentual de grasa, agua, proteína, densidad y sólidos no grasos en leche cruda y pasteurizada.

EKOMILK utiliza ultrasonido para realizar la medición de los parámetros a partir de una muestra de 15 a 20 ml en un lapso de 90 seg., mostrando de manera digital en una pantalla los resultados en unidades porcentuales, el instrumento se calibra de manera manual cada 15 días ajustando la lectura con la ayuda de otros equipos y métodos específicos para cada variable. Además de esto, se realiza la calibración general por un

ente autorizado cada 3 meses, respetando los requerimientos establecidos en la resolución 2674/13.

Diariamente las lecturas de los parámetros son reportadas de manera escrita en un formato que se digitaliza posteriormente, de allí se obtienen los datos que se tratan en el presente estudio.

Los datos fueron recibidos en formato de hoja de cálculo dividida en pestañas por cada hato y cada pestaña estaba conformada por las columnas de fecha de medición de la muestra y los resultados de los análisis de grasa, proteína, sólidos no grasos, índice crioscópico, todas medidas en porcentaje. Adicionalmente los datos de densidad en gramos sobre mililitro obtenidos por medición con termo lactodensímetro, prueba de alcohol y de neutralizantes obtenidas por métodos de referencia que se evalúan como positivas o negativas.

Se seleccionaron 11 hatos y 30 observaciones por hato, estas últimas correspondientes a un periodo de pago determinado por la empresa.

Con la información anterior se definen 3 variables de estudio: grasa, proteína y sólidos no grasos, todas medidas en unidades porcentuales.

Para proceder al tratamiento de los datos se organizan 3 matrices en formato .csv por cada una de las variables grasa, proteína y sólidos no grasos. Cada matriz cuenta en las columnas con los 11 hatos a evaluar que corresponden a las mediciones diarias en cada uno de los hatos y en las filas con los datos de 30 días consecutivos; periodo de pago determinado por la empresa.

Se usó el software R Studio, específicamente el paquete qcc con la respectiva librería para el momento univariado y el paquete MSQC con la librería respectiva para la ejecución de la etapa multivariada. A fin de conocer la incidencia de cada finca y poder inspeccionar su contribución a la calidad del producto, se establece un análisis

multivariado a través de la carta T^2 de hotelling, ampliamente utilizado como test para controlar un proceso. Posteriormente se usó la distribución MYT (adelantada por Mason, Young y Tracy), como se profundiza en el apartado teórico 3.23. Una vez detectados los hatos responsables de señales fuera de control, se efectúa una carta de control univariada con el fin de identificar cual día presentó el inconveniente detectado y hallar la causa de tal circunstancia.

Capítulo 5

Análisis y Resultados

En primer lugar, se explica la etapa univariada por variable, posteriormente la multivariada para identificar el momento del suceso fuera de control y finalmente el análisis univariado donde se analiza el hato responsable de la señal fuera de control.

5.1 Caracterización de las variables por hato

Con la ayuda de las funciones SUMMARY y BOXPLOT se identifica el comportamiento de los parámetros fisicoquímicos de acuerdo a los datos para cada uno de los hatos durante el periodo establecido.

5.1.1 Grasa

El promedio del porcentaje de grasa de todos los hatos en el periodo establecido es de 3.64%.

```
> Xmv = grasa_msqc$Xmv  
> mean(Xmv) [1] 3.639091
```

Con el resumen (summary) de los valores presentado a continuación, es posible discriminar la lectura obtenida para cada hato durante el periodo establecido.

```
> summary(grasa)
```

Gallinazo	Tablazo	Neira
Min. :3.100	Min. :3.440	Min. :3.260
1st Qu.:3.450	1st Qu.:3.885	1st Qu.:3.572
Median :3.580	Median :3.970	Median :3.710
Mean :3.541	Mean :3.967	Mean :3.698
3rd Qu.:3.627	3rd Qu.:4.088	3rd Qu.:3.830
Max. :3.960	Max. :4.320	Max. :4.060

KM41	Jazmin	Playa.larga
Min. :3.300	Min. :3.520	Min. :2.680
1st Qu.:3.487	1st Qu.:3.712	1st Qu.:3.125
Median :3.710	Median :3.790	Median :3.305
Mean :3.738	Mean :3.803	Mean :3.273
3rd Qu.:3.917	3rd Qu.:3.908	3rd Qu.:3.415
Max. :4.500	Max. :4.310	Max. :3.740

Potosi	Valles	Silencio
Min. :3.190	Min. :3.050	Min. :3.220
1st Qu.:3.652	1st Qu.:3.165	1st Qu.:3.350
Median :3.705	Median :3.260	Median :3.465
Mean :3.766	Mean :3.333	Mean :3.471
3rd Qu.:3.900	3rd Qu.:3.405	3rd Qu.:3.560
Max. :4.180	Max. :3.890	Max. :3.710
Zagales	Despiste	
Min. :3.590	Min. :3.010	
1st Qu.:3.695	1st Qu.:3.562	
Median :3.730	Median :3.720	
Mean :3.748	Mean :3.687	
3rd Qu.:3.810	3rd Qu.:3.810	
Max. :4.000	Max. :4.210	

Gráfico de cajas

Para visualizar con mayor detalle la descripción que ofrecen los datos, se realizó el boxplot. Boxplot (x=grasa, main="Boxplot Grasa por finca", xlab = "Fincas", ylab = "Porcentaje de grasa", col="green")

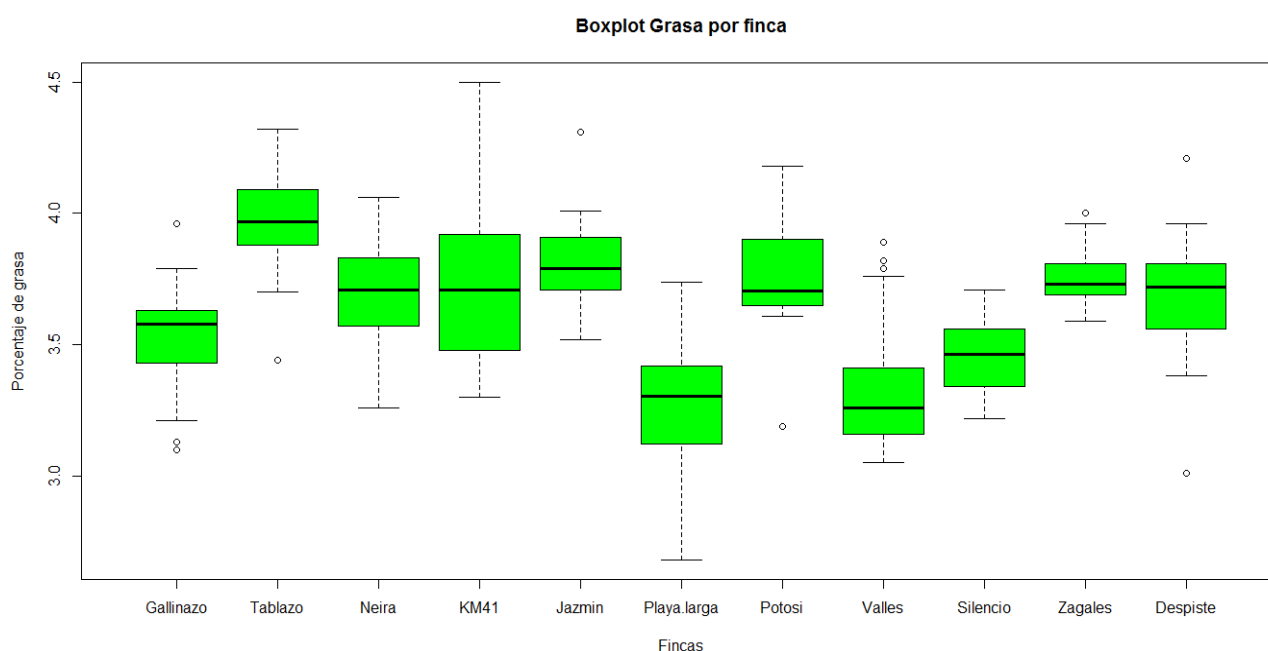


Gráfico 4. Diagrama de cajas de grasa por hato

Con respecto a la grasa se observa que el hato TABLAZO cuenta con el promedio mayor y el hato VALLES con el menor. Los hatos KM41 y PLAYA LARGA presentan variabilidad amplia, mientras que los hatos SILENCIO y ZAGALES muestran menor distancia entre los datos. Se observa que hay variación entre los hatos con respecto al porcentaje de grasa que aportan al momento del recibo.

5.1.2 Proteína

```
> mprot = proteos_msqc$Xmv
> mean(mprot) [1] 3.176364
```

```
> summary(proteos)
```

Gallinazo	Tablazo	Neira
Min. :2.900	Min. :2.970	Min. :2.870
1st Qu.:3.090	1st Qu.:3.090	1st Qu.:3.100
Median :3.100	Median :3.110	Median :3.135
Mean :3.092	Mean :3.107	Mean :3.129
3rd Qu.:3.110	3rd Qu.:3.130	3rd Qu.:3.170
Max. :3.170	Max. :3.180	Max. :3.280
KM41	Jazmin	Playa.larga
Min. :3.040	Min. :2.750	Min. :3.000
1st Qu.:3.120	1st Qu.:3.075	1st Qu.:3.065
Median :3.140	Median :3.115	Median :3.205
Mean :3.144	Mean :3.103	Mean :3.190
3rd Qu.:3.160	3rd Qu.:3.138	3rd Qu.:3.308
Max. :3.240	Max. :3.270	Max. :3.350
Potosí	Valles	Silencio
Min. :3.110	Min. :2.970	Min. :3.120
1st Qu.:3.250	1st Qu.:3.183	1st Qu.:3.215
Median :3.290	Median :3.235	Median :3.285
Mean :3.290	Mean :3.249	Mean :3.275
3rd Qu.:3.348	3rd Qu.:3.292	3rd Qu.:3.310
Max. :3.460	Max. :3.790	Max. :3.560
Zagales	Despiste	
Min. :3.160	Min. :2.990	
1st Qu.:3.212	1st Qu.:3.085	
Median :3.260	Median :3.120	
Mean :3.263	Mean :3.111	
3rd Qu.:3.290	3rd Qu.:3.138	
Max. :3.360	Max. :3.200	

El promedio de la media del aporte de proteína de todos los hatos durante el periodo establecido es de 3.17%.

De acuerdo con el gráfico de cajas se observa a continuación, el mayor promedio de proteína en el hato POTOSÍ y el menor en el hato GALLINAZO. La varianza es mayor en el hato PLAYA LARGA, mientras que en GALLINAZO y KM41 es menor. Se observa una tendencia entre los promedios de la proteína de estos hatos seleccionados.

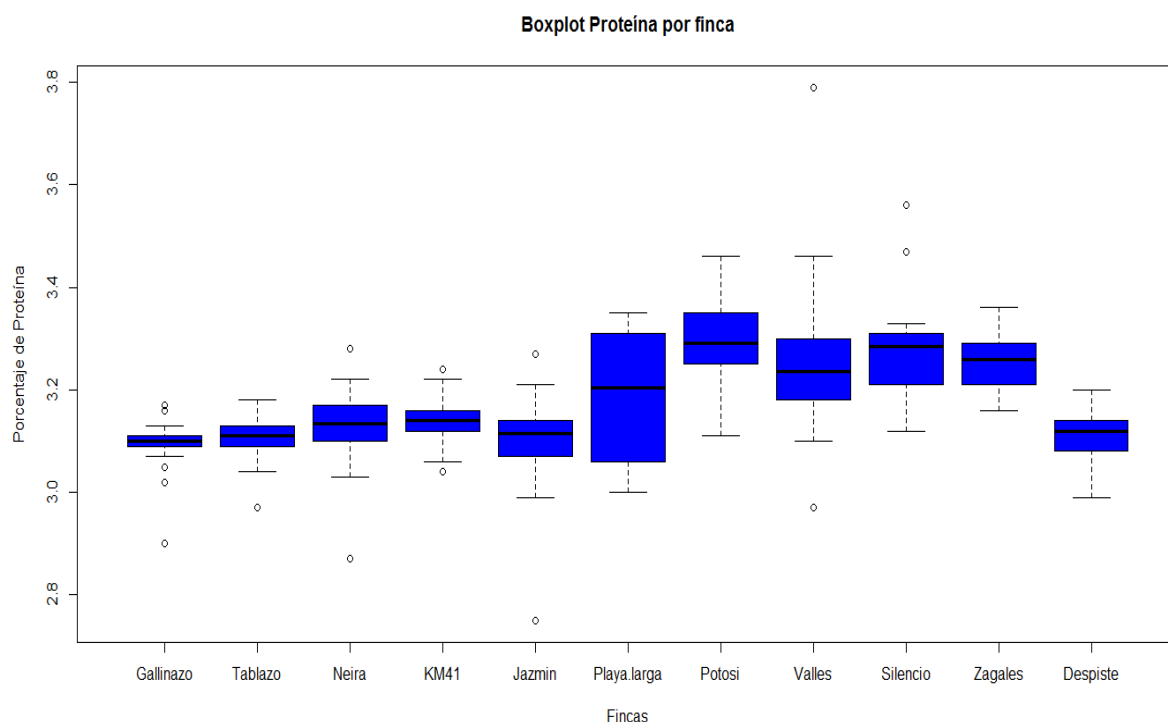


Gráfico 5. Boxplot para Proteína

5.1.2 Sólidos no grasos

```
> msng = Sólidos_msqc$Xmv
> mean(msng) [1] 8.259091
```

```
> summary(Sólidos)
```

Gallinazo	Tablazo	Neira
Min. :7.540	Min. :7.740	Min. :7.450
1st Qu.:8.050	1st Qu.:8.053	1st Qu.:8.100
Median :8.080	Median :8.125	Median :8.160
Mean :8.054	Mean :8.121	Mean :8.156
3rd Qu.:8.100	3rd Qu.:8.168	3rd Qu.:8.273
Max. :8.290	Max. :8.400	Max. :8.470
KM41	Jazmin	Playa.larga
Min. :7.940	Min. :7.520	Min. :7.890
1st Qu.:8.140	1st Qu.:8.080	1st Qu.:8.207
Median :8.210	Median :8.165	Median :8.470
Mean :8.212	Mean :8.155	Mean :8.427
3rd Qu.:8.275	3rd Qu.:8.238	3rd Qu.:8.610
Max. :8.470	Max. :8.620	Max. :8.850
Potosi	Valles	Silencio
Min. :8.080	Min. :7.570	Min. :8.120
1st Qu.:8.232	1st Qu.:8.260	1st Qu.:8.470
Median :8.370	Median :8.380	Median :8.565
Mean :8.413	Mean :8.396	Mean :8.513
3rd Qu.:8.600	3rd Qu.:8.533	3rd Qu.:8.650
Max. :8.920	Max. :8.920	Max. :8.710
Zagales	Despiste	
Min. :8.200	Min. :7.790	
1st Qu.:8.223	1st Qu.:8.047	

Median	:8.260	Median	:8.145
Mean	:8.293	Mean	:8.119
3rd Qu.	:8.297	3rd Qu.	:8.190
Max.	:8.630	Max.	:8.350

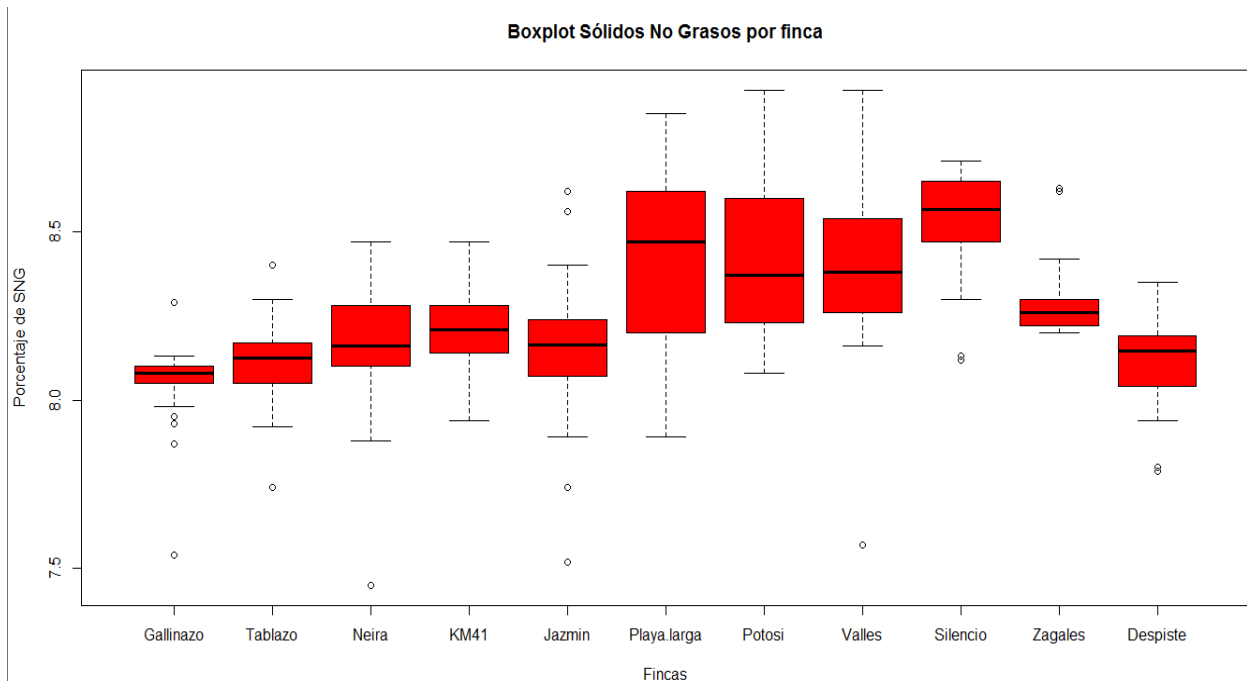


Gráfico 6. Boxplot Sólidos No Grasos

El promedio de las medias de los hatos con respecto al aporte de sólidos no grasos es de 8.26%.

Se presenta el mayor promedio en el hato SILENCIO y el menor en el hato GALLINAZO.

La distancia mayor entre los datos la tiene PLAYA LARGA y la menor GALLINAZO.

Puede apreciarse cierta similitud entre las gráficas de PROTEÍNA y SÓLIDOS NO GRASOS. Los hatos GALLINAZO, TABLAZO, PLAYA LARGA Y DESPISTE tienen comportamientos similares.

5.2 Correlación entre variables

Con el fin de conocer la dependencia de los hatos entre sí, se realizaron graficas de dispersión con la función matriz de dispersión (Pairs) y su respectivo análisis de correlación como se evidencia a en las gráficas 7, 8 y 9.

Se evidencia descriptivamente que no existe dependencia entre los hatos para ninguna de las variables. Esto indica que, en este estudio particular, la ubicación geográfica no influye en la composición porcentual de la leche. También es posible que esto suceda porque no se maneja una sola raza de ganado para la producción lechera y la dietas son diferentes entre hatos.

Pairs(grasa)



Gráfico 7. Pairs Grasa

De manera complementaria al análisis descriptivo se elabora una matriz de correlaciones según el Anexo 1, donde se evidencia un máximo de 0.44 entre el hato Neira y el Despiste, y correlaciones del orden de 0.43 entre Playa larga y Zagales.

Pairs(proteína)



Gráfico 8. Pairs Proteína

Como lo muestra el Gráfico 8, descriptivamente para la variable de la proteína, no ocurre una correlación aparente, que se confirma en la matriz de correlación del anexo 2, en donde se muestra un máximo de 0.4 entre los hatos Neira y el Despiste, seguido de un 0.3 entre Jazmín y Potosí.

De manera similar ocurre en el Gráfico 9, para los sólidos no grasos donde de manera descriptiva no se observa algún tipo de correlación, que se confirma en el Anexo 3, donde el matriz de correlación de muestra un máximo de 0.38 entre el hato Neira y Tablazo.

Pairs(Sólidos)

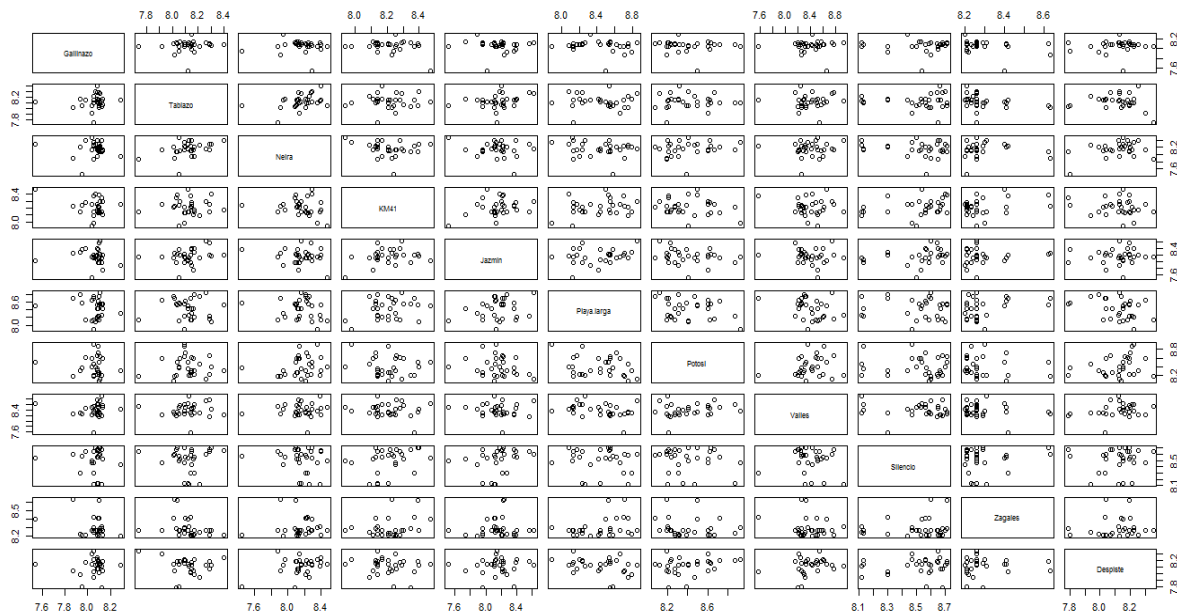


Gráfico 9. Pairs Sólidos No Grasos

Los datos numéricos confirman los gráficos, evidenciando que la mayor correlación es observada es de 0.4437 correspondientes a los hatos Despiste y Neira, siendo poco significativa.

Los datos discriminados por variable muestran la independencia de las mismas. Por ello es necesario analizar cómo se comporta cada finca con respecto al aporte porcentual de los parámetros fisicoquímicos de la leche. Para ello se utiliza como herramienta de análisis simultáneo de las 11 fincas el análisis multivariado, con el fin de determinar aquellos días donde hay valores atípicos. A través de la descomposición MYT se busca identificar cual finca está fuera de control, siguiendo el modelo de evaluación por parámetro fisicoquímico y tomando como variables los hatos proveedores.

5.3 Cartas de control

5.3.1 Grasa

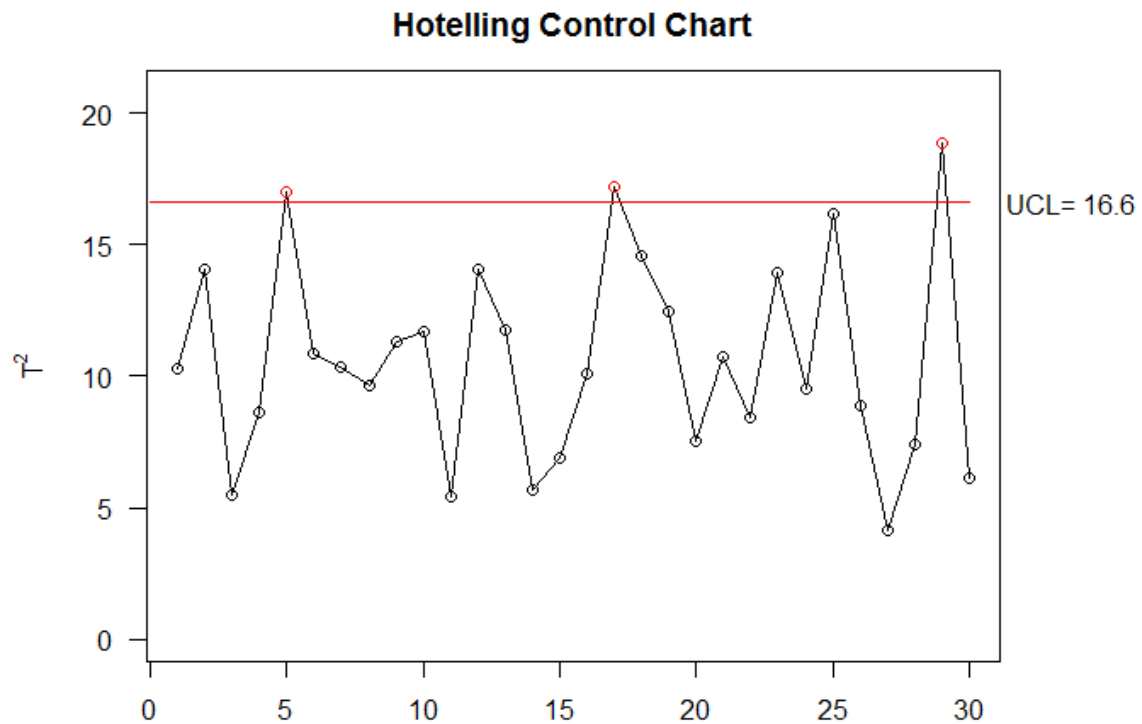
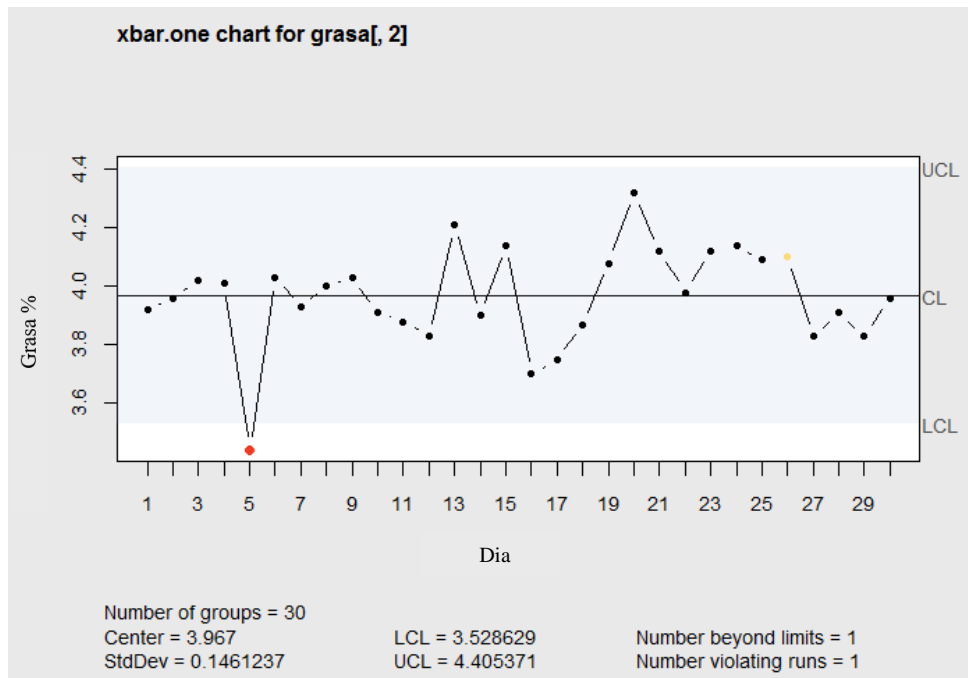


Gráfico 10. Carta T^2 de Hotelling para grasa

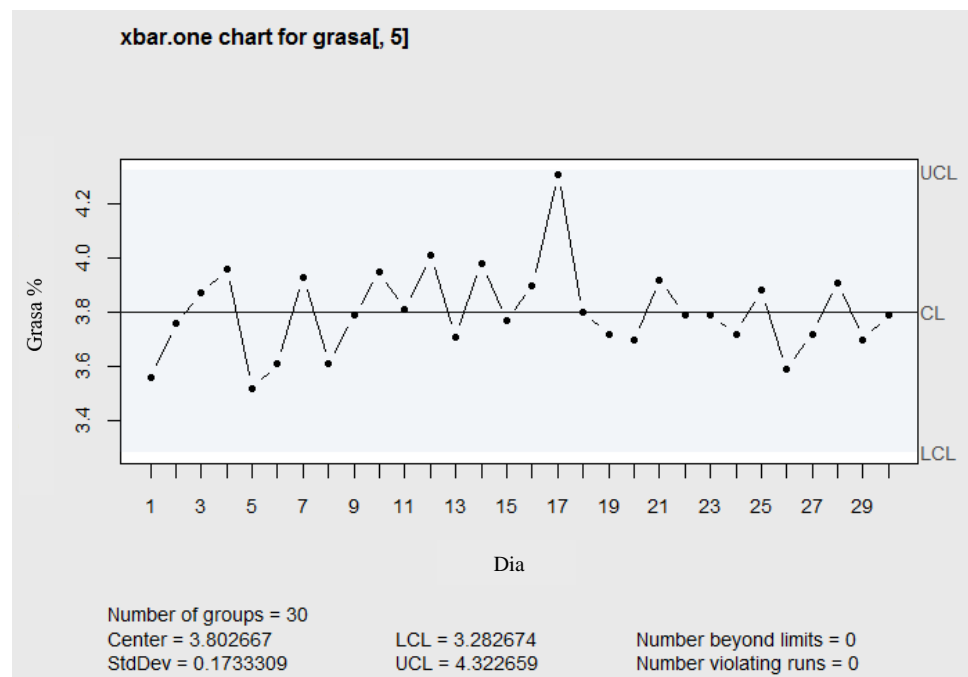
En el gráfico *carta de control hotelling para grasa*, se observan 3 datos fuera de control que corresponden al día 5, día 17 y día 29.

Con la ayuda de la descomposición MYT, con nivel de significancia del 5%, se establece que los hatos implicados en los sucesos son los 2, la 5 y la 7 respectivamente, según se muestra en el anexo 4, donde el valor de $t_2 > ucl$.

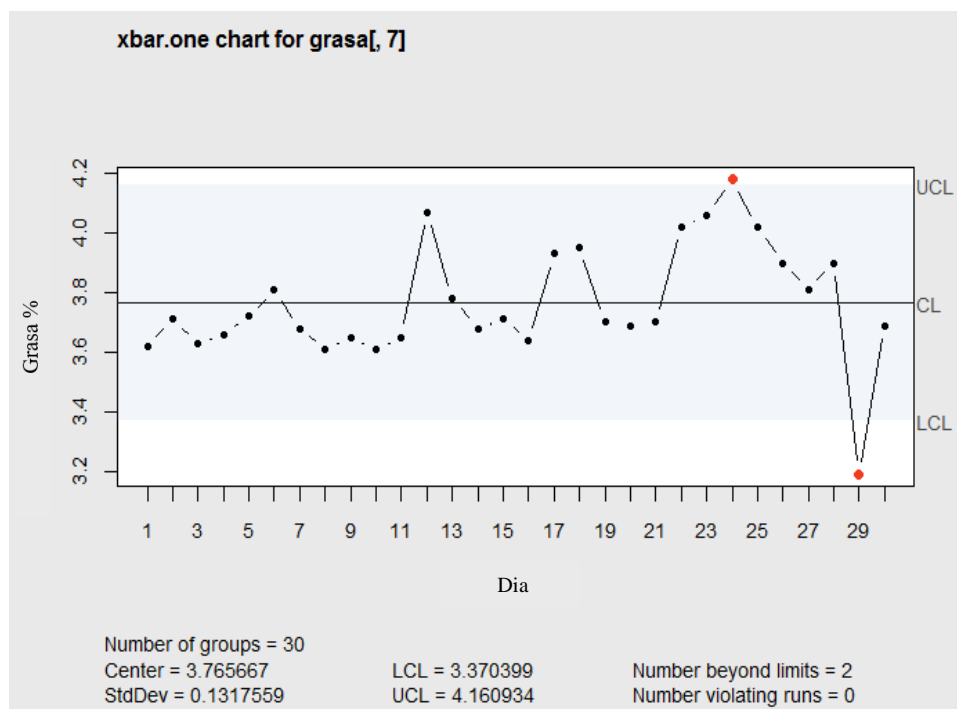
De dicho resultado se concluye necesario la realización de una observación individual que se realiza por medio de cartas de control univariadas para la media en cada una de ellas.



Gráfica 11. Carta de control hato 2



Gráfica 12. Carta de control hato 5



Gráfica 13. Carta de control hato 7

De las tres observaciones, el día 5 y el día 29 presentan datos por debajo del límite inferior. Cuando cambia la composición porcentual de la grasa de un día para otro, generalmente se da por sustracción voluntaria del componente por parte del proveedor de la leche de dicho hato con el fin ganar dinero adicional, deteriorando la calidad de la misma y generando desajustes en procesos posteriores al interior de la planta de transformación.

Los datos que se encuentran por encima del límite superior, como el caso del día 24 en el hato 7, representan beneficio para los procesos al interior de la planta de transformación, ya que aumentan el rendimiento en la elaboración de productos que dependen de la concentración de los sólidos totales en leche. Este caso puede ser producto de la incorporación de leche con mejor aporte porcentual entre las recolectadas en la ruta: un proveedor eventual, por ejemplo. Otra posibilidad está en el cambio de la dieta del animal, principalmente el cambio de pastizales y complementos nutricionales, ya que promueve el aumento del porcentaje de los sólidos totales, entre los que se encuentra la grasa.

5.3.2 Proteína

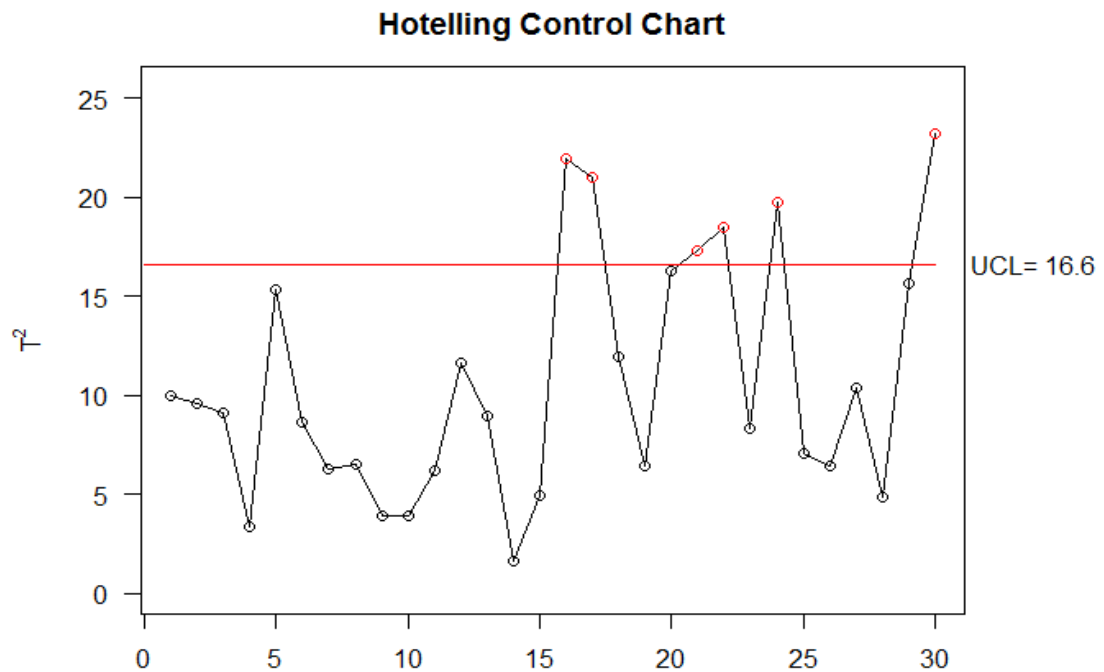
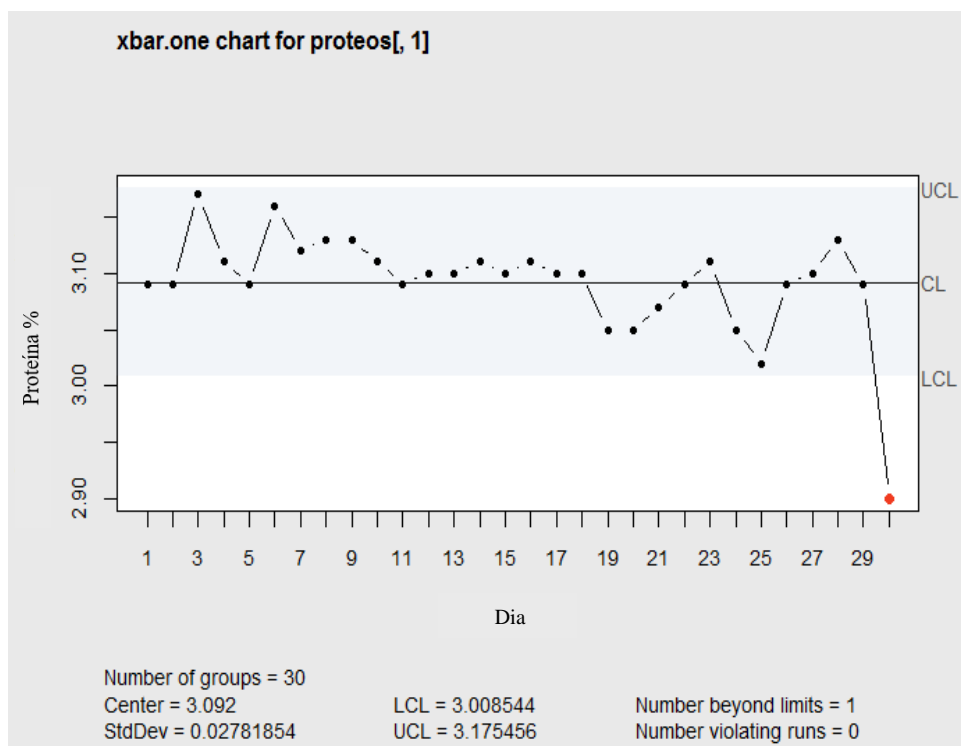


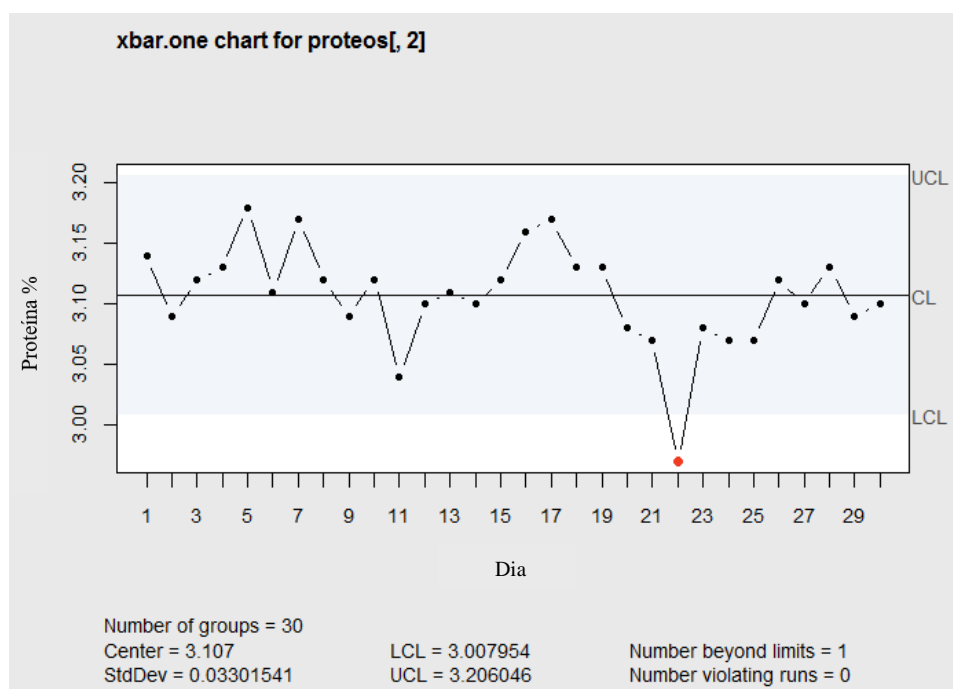
Gráfico 14. Carta T^2 de Hotelling para Proteína

En el gráfico *carta de control hotelling para proteína*, se observan datos fuera de control los días 16, 17, 21, 22, 24 Y 30, con ayuda la descomposición MYT , con nivel de significancia del 5%, se establece que los hatos implicados en los sucesos son la 5, la 11, la 2 y la 1 respectivamente, según se muestra en el anexo 5, donde el valor de $t_2 > ucl$.

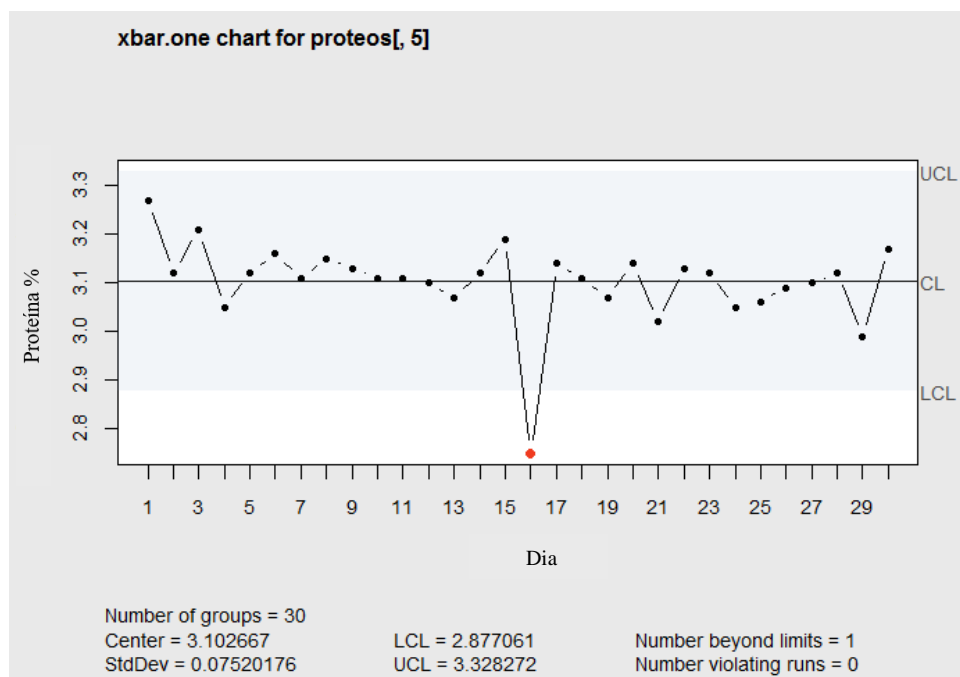
Del resultado anterior se concluye necesario la realización de una observación individual que se realiza por medio de cartas de control univariadas para la media en cada una de ellas.



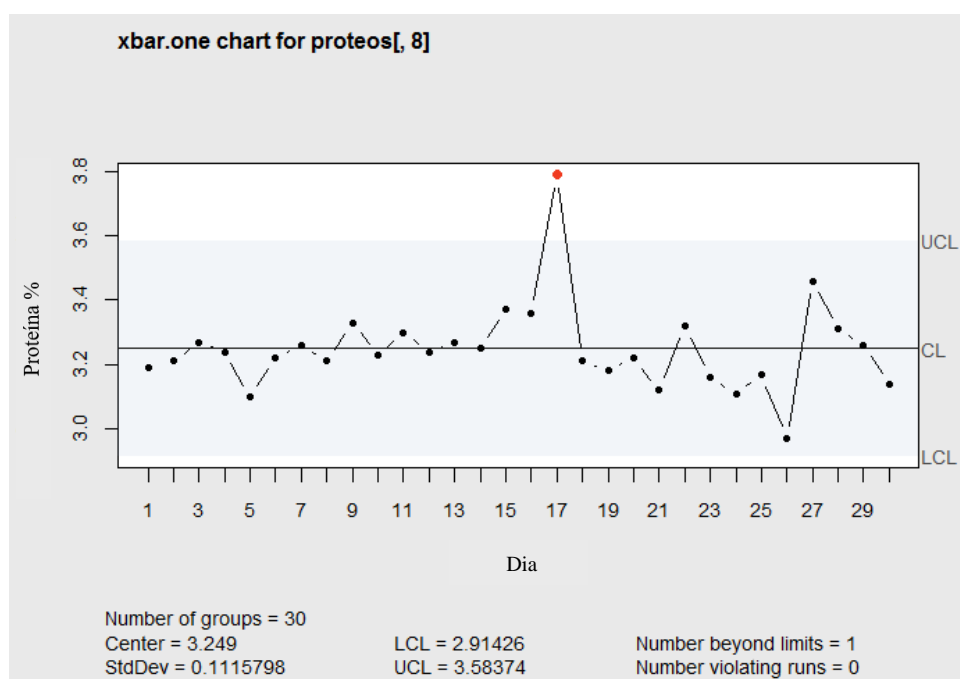
Gráfica 15. Carta de control hato 1



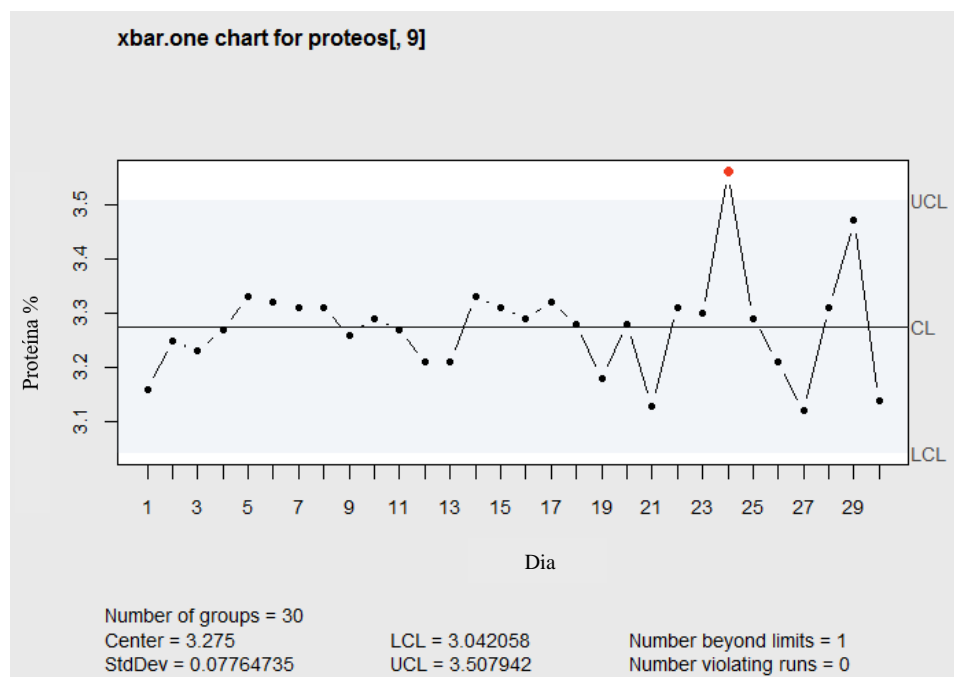
Gráfica 16. Carta de control hato 2



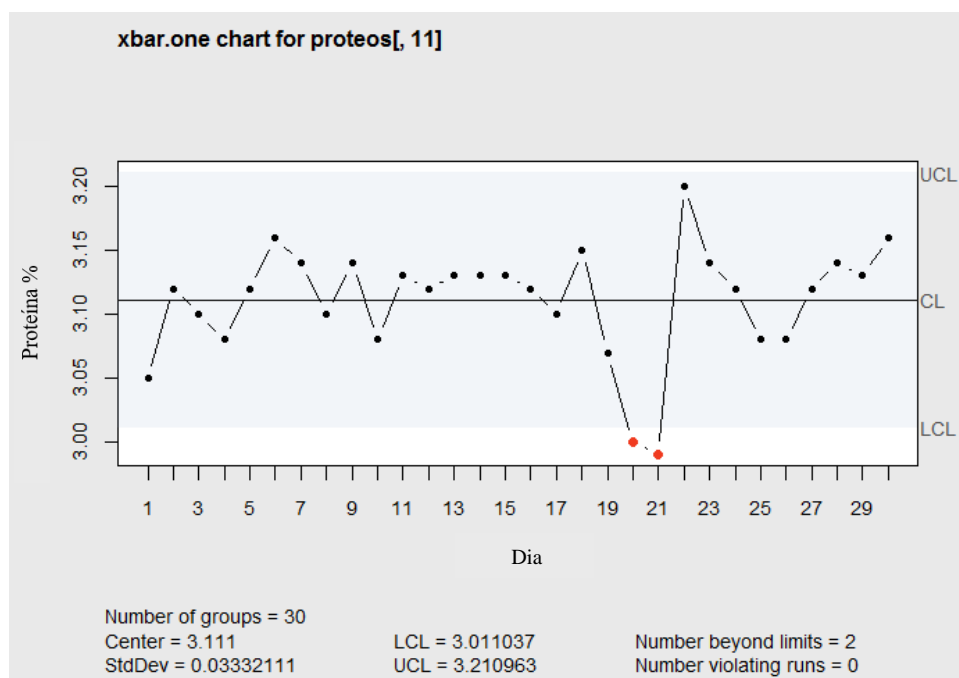
Gráfica 17. Carta de control hato 5



Gráfica 18. Carta de control hato 8



Gráfica 19. Carta de control hato 9



Gráfica 20. Carta de control hato 11

Luego de realizar el análisis univariado se observa que existen datos por debajo del límite inferior para los hatos 5, 11 (días 20 y 21), 2, y 1 en los días respectivos, excepto los días 17 y 24 donde los datos pasaron el límite superior.

Debido a la marcada estabilidad química de la lactosa y la proteína (principales componentes de los sólidos no grasos en la leche entera), la razón fundamental para evidenciar dicho comportamiento es la acidificación de la leche. Normalmente, la leche presenta acidez después de ordeño debido a fosfatos, caseinatos y dióxido de carbono. Tal condición química cambia por la fermentación de los *Lactococcus lactis*, quienes desdoblan la lactosa, producen ácido láctico y otras sustancias. (Calderon, Rodriguez, & Martinez, 2013)

Dicho proceso pudo ocurrir durante el almacenamiento y transporte del producto, lo que ocasiona disminución del pH del medio y la precipitación de la proteína.

Estas etapas de la cadena productiva posiblemente se realizaron bajo malas condiciones higiénicas, así como malas prácticas de ordeño, falta de refrigeración entre ordeño y entrega al vehículo transportador, sumándole la deficiencia en la limpieza del recipiente contenedor, que favorecieron el aumento de microorganismos en el producto rico en nutrientes, lo que condujo a la separación de los componentes. Tal evento pudo derivar en el registro del dato más no en la recepción de dicha muestra, dado que el producto se descarta para la transformación.

5.3.3 Sólidos no grasos

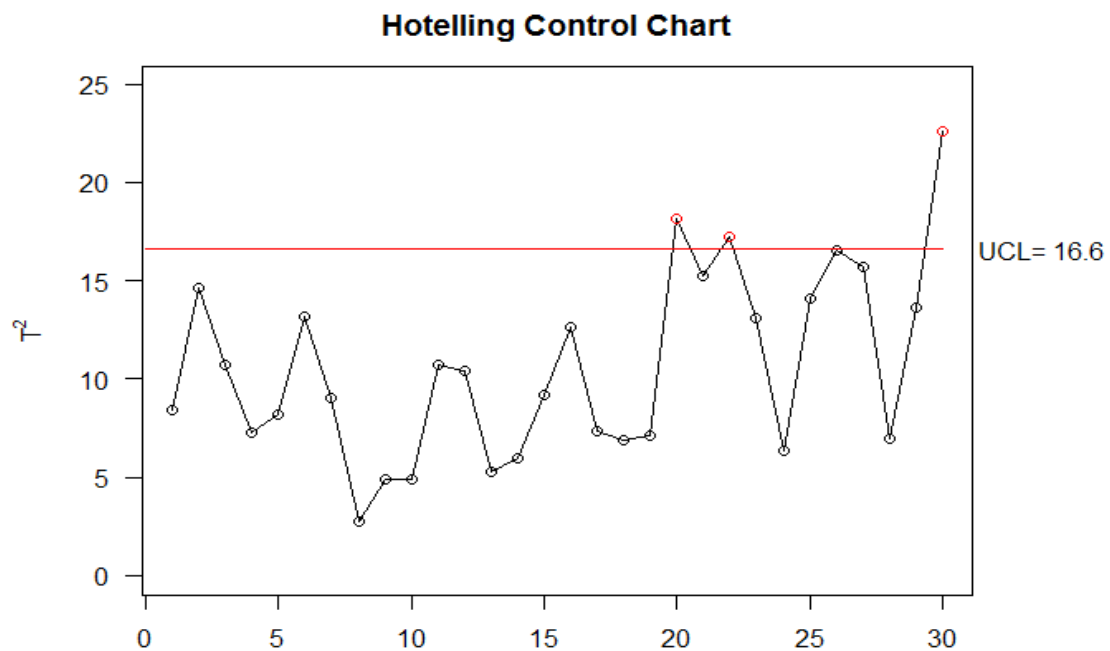
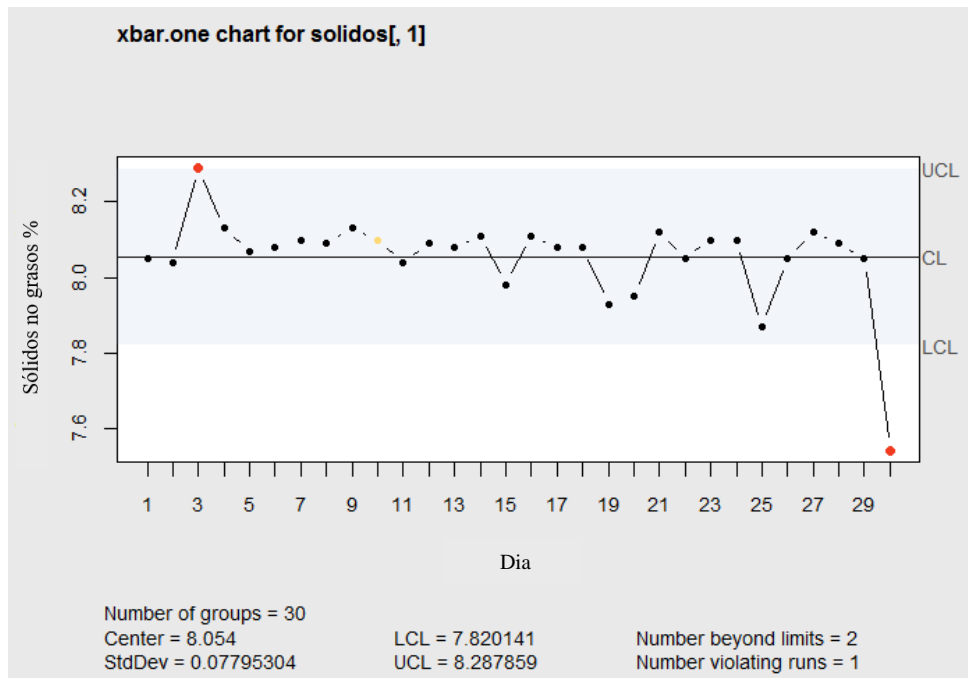


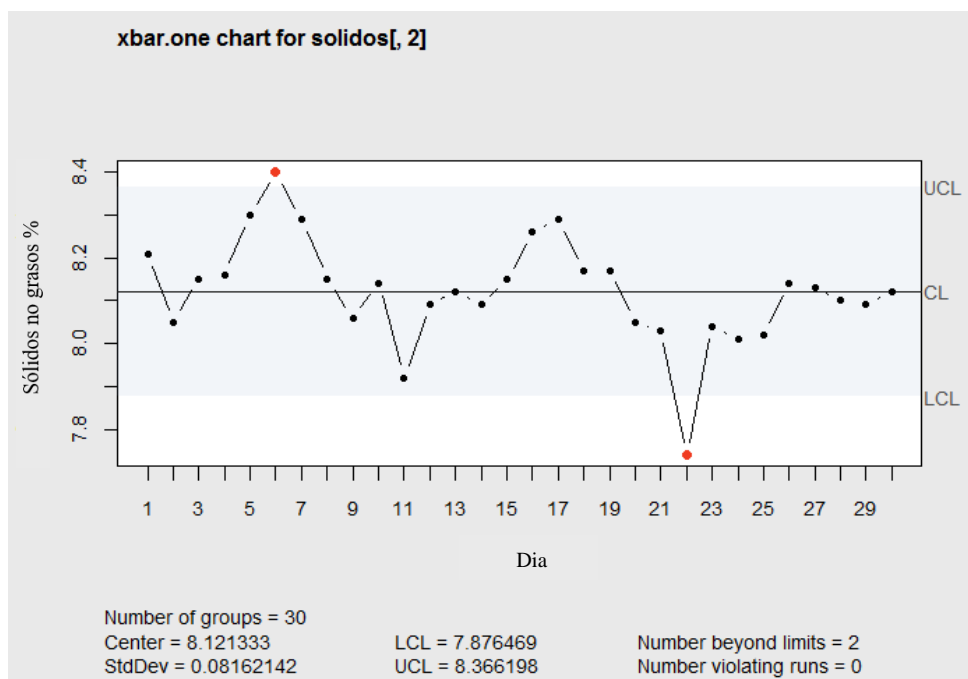
Gráfico 21. Carta T^2 de Hotelling para Sólidos no grasos

En el gráfico *carta de control hotelling para sólidos no grasos*, se observan datos fuera de control los días 20, 22 y 30, con ayuda la descomposición MYT, con nivel de significancia del 5 por ciento, se establece que los hatos implicados en los sucesos son la 3, 2 y 1 respectivamente, según se muestra en el anexo 6, donde el valor de $t_2 > ucl$.

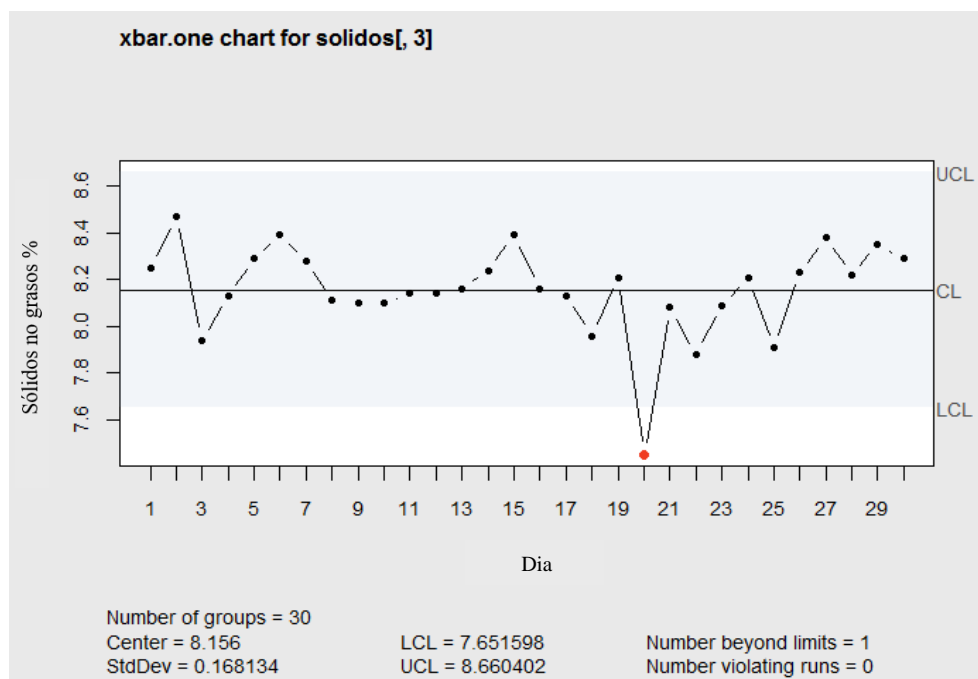
Del resultado anterior se concluye necesario la realización de una observación individual que se realiza por medio de cartas de control univariadas para la media en cada una de ellas.



Gráfica 22. Carta de control hato 1



Gráfica 23. Carta de control hato 2



Gráfica 24. Carta de control hato 3

Luego de realizar el análisis univariado se observa que existen datos por debajo del límite inferior para los hatos 3, 2 y 1 en los días respectivos. Dichos datos coinciden con los de proteína en los hatos 1 y 2, lo que confirma la participación importante de la proteína en los sólidos no grasos y por ende afectan las mismas razones que en el caso de la proteína.

En los otros casos que no se reportan datos atípicos comparados con la proteína o se evidencian señales por encima del límite superior, existe la posibilidad de un enmascaramiento con algún tipo de neutralizante que sirven como camuflaje para la adición de agua o acidificación de la leche y que contribuyen al porcentaje de sólidos. Adulterar un alimento es acto voluntario y con la intención de degradar la calidad; ya sea por adición, sustitución o la eliminación de algunos de sus componentes o se quiera maquillar un defecto de calidad higiénica (Calderon, Rodriguez, & Martinez, 2013)

Al aumentar volumen con agua, los sólidos se diluyen y se reduce el valor nutricional, además de ser fuente de contaminación biológica. Esta es la forma más simple de fraude. El

enmascaramiento de tal acción con sólidos (harinas, azúcares, cloruros) restablecen algunas propiedades fisicoquímicas (Calderon, Rodriguez, & Martinez, 2013)

En Colombia, el decreto 616 del Ministerio de la Protección Social establece que la leche para consumo humano, o su posterior procesamiento no debe tener ningún tipo de adición. (Ministerio de la protección social, 2006). Una acidez menor al 15% puede ser consecuencia de mastitis, adición de agua o por alteración con algún producto que modifique el pH. (Calderon, Rodriguez, & Martinez, 2013)

La variabilidad de los datos de una observación con respecto al tiempo no es criterio objetivo para determinar si contribuye o no a poner fuera de control un proceso. Se evidencia en los gráficos de cajas donde el hato 6 denominado PLAYA LARGA presentó amplia distancia entre sus datos, pero no fue identificada como responsable por alguna señal fuera de control en el análisis multivariado.

Capítulo 6

Conclusiones

1. El promedio del aporte de cada hato con respecto a los parámetros estudiados medidos en porcentaje, está dentro del mínimo de acuerdo a la legislación colombiana; no obstante, esta caracterización inicial, no es objetiva a la hora de determinar el comportamiento correcto o no de un hato en el proceso productivo. En el primer análisis, se presentaron hatos con niveles muy por encima del promedio general, con poca variabilidad en los cuales aparentemente la empresa podría bonificar por su buen comportamiento, sin embargo, fue solo al realizar las cartas de control que se identificó que dichos hatos emitían constantemente señales fuera de control, que colocaban en riesgo el proceso productivo. Se puede destacar entonces, la acertada selección de la metodología de este trabajo para detectar los parámetros fuera de control y contribuir a su control posterior.
2. No se presenta dependencia entre los parámetros estudiados en ninguno de los 11 hatos dentro del periodo de 30 días. Tal hecho hace necesario la revisión del aporte porcentual en los parámetros fisicoquímicos de cada hato durante el periodo establecido, ya que en el conglomerado general de planta es importante identificar el comportamiento diario de cada hato para determinar señales fuera de control que coloquen en riesgo el proceso de la planta.
3. El hato 2 denominado TABLAZO mostró datos por debajo de los límites inferiores en las cartas univariadas para las tres variables estudiadas, lo que indica que el proveedor ha realizado prácticas irregulares en el producto. Estas modifican de manera negativa la calidad de este, resultado que a su vez sirve como argumento

para tomar medidas al momento del pago por parte de la empresa y la continuidad de este hatos en el proceso de la empresa.

4. Los hatos 1 y 3 denominados GALLINAZO y NEIRA, presentan señales por debajo del límite inferior en las cartas de control univariado de Proteína, lo que indica que las muestras tienen elevada acidez al llegar a planta (tiempo excesivo de recolección) pues son rutas muy extensas en la que la leche puede pasar más del tiempo permitido, aumentando la producción de ácido láctico.
5. En las cartas de control univariado para sólidos no grasos, 4 hatos presentan señales fuera de control por encima del límite superior. La presencia de adulterantes para enmascarar la presencia de agua o para ocultar la ausencia de un componente puede ser la principal razón de este comportamiento.
6. La variación del porcentaje de los parámetros fisicoquímicos en la leche cruda que se analiza en el proceso de recibo depende de la manipulación que los proveedores le dan al producto antes de iniciar el proceso.
7. Al realizar los ajustes pertinentes a los hatos productores de leche, se ha logrado obtener una mínima diferencia entre los rendimientos teóricos y reales, lo que ha permitido planear adecuadamente la producción, mano de obra, insumos y materias primas, además de reducir las pérdidas de producto terminado y detectar fácilmente las adulteraciones; esto se traduce en beneficios económicos para la empresa y una estandarización de los volúmenes de producción y de las características organolépticas y nutricionales de los derivados lácteos que la empresa fabrica.
8. Este estudio ha motivado a los productores a entregar una leche en mejores condiciones de calidad y a mejorar las condiciones de alimentación del ganado para aumentar y estabilizar los parámetros composicionales de la leche cruda; ya que

amparados por la Res 0017/12 y el compromiso de la empresa, las bonificaciones por cada punto porcentual adicional en grasa y proteína son significativas.

Glosario

Hato: Sitio destinado principalmente a la explotación y ordeño de animales destinados a la producción lechera.

Leche Adulterada: La leche adulterada es aquella: 1. A la que se le han sustraído parte de los elementos constituyentes, reemplazándolos o no por otras sustancias. 2. Que haya sido adicionada con sustancias no autorizadas y, 3. Que por deficiencias en su inocuidad y calidad normal hayan sido disimuladas u ocultadas en forma fraudulenta sus condiciones originales.

Leche Alterada: Es aquella que ha sufrido deterioro en sus características microbiológicas, físico - químicas y organolépticas, o en su valor nutritivo, por causa de agentes fisicoquímicos o biológicos, naturales o artificiales.

Leche Cruda: Leche que no ha sido sometida a ningún tipo de termización ni higienización.

Bibliografía

- Agudelo Gómez, D. A., & Bedoya Mejía, O. (2005). Composición nutricional de la leche de ganado vacuno. *Revista Lasallista de Investigación*, 38-42.
- Alais, C. (2003). *Ciencia de la Leche*. Sevilla: Reverté.
- Azcona, Á. (2013). *Nutrición y dietética*. Obtenido de Universidad Complutense de Madrid: <https://www.ucm.es/data/cont/docs/458-2013-07-24-cap-6-grasas.pdf>
- Badui Dergal, S. (2006). *Química de los Alimentos*. México : Pearson.
- Calderon, A., Rodriguez, V., & Martinez, N. (2013). Determinación de adulterantes en leches crudas acopiadas en procesadoras de quesos en Montería. *Orinoquía*, 202-206.
- Cámara Nacional de Industriales de la leche, C. (2011). El libro blanco de la leche. México.
- Dalla, C. (2015). RENDIMIENTO QUESERO TEÓRICO Y REAL DE LA LECHE DE LA CUENCA DE VILLA MARÍA. Cordoba, Argentina.
- Èejna, V., & Chládek, G. (2005). The importance of monitoring changes in milk fat to milk protein ratio in holstein cows during lactation. *Journal of Central European Agriculture*, 539-546.
- Gutiérrez, R., Vega, G., Díaz, H. J., Delgadillo, G., Urban, A., Ramirez, C., & González. (2007). Detección de grasa extraña en grasa láctea por cromatografía de gases y estadística multivariable. *Agrociencia*, 733-742.
- Hadde, E., Nicholson, T., Cichero, J., & Deblauweac, C. (2015). Rheological characterisation of thickened milk components (protein, lactose and minerals). *Journal of Food Engineering*, 263-267.
- Harvatine, K., Boisclair, Y., & Bauman, D. (2009). Recent advances in the regulation of milk fat synthesis. *Animal*, 40-54.
- Instituto interamericano de cooperacion para la agricultura IICA OEA. (1981). *Plan de producción de leche y sus derivados*. Málaga: Departamento Nacional de Planeación.
- Jiangjing, L., Lanqi, L., Xiaoli, C., Yongqiang, L., & Dong, W. (2019). Effects of heat stress on body temperature, milk production, and reproduction in dairy cows. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 8.
- Laodim, T. (2019). Pathway enrichment and protein interaction network analysis for milk yield, fat yield and age at first calving in a Thai multibreed dairy population. *Asian - Australasian Journal of Animal Sciences*, 508.
- Looper, M. (2013). Factors Affecting Milk Composition of Lactating Cows. *Agriculture and Natural Resource*, 1-6.
- Mamani, J. (2009). *Resultado de análisis de muestras de leche*. Perú: COZOPROPLE - PIMS.
- Mercado, M., González, V., Rodríguez, D., & Carrascal, A. (2014). *PERFIL SANITARIO NACIONAL DE LECHE CRUDA PARA CONSUMO HUMANO DIRECTO*. Obtenido de

<https://www.minsalud.gov.co/sites/rid/Lists/BibliotecaDigital/RIDE/VS/PP/SNA/Perfil-sanitario-nacional-leche-cruda.pdf>

Ministerio de la protección social. (2006). Decreto 616. Colombia.

Pulido, H., & De la Vara, R. (2013). *Control de calidad y seis sigma*. México: Mc Graw Hill.

Revilla, A. (1982). *Tecnología de la leche*. San José: IICA.

Swaigood, H. (2003). *Protein composition of milk: identification, structure and chemical Advanced dairy chemistry*. Irlanda: Springer.

Toscana, L., Moretto, N., & Villarreal, F. (2005). *CARTAS DE CONTROL: SU EFECTIVIDAD PARA DETECTAR CAMBIOS MEDIANTE UN ENFOQUE POR CADENAS DE MARKOV ABSORBENTES*. Obtenido de Universidad Nacional del Sur: http://www.matematica.uns.edu.ar/XCongresoMonteiro/Actas/Toscana_Moretto_Villarreal.pdf

Viera, M. (2013). *PARÁMETROS DE CALIDAD DE LECHE DE VACUNO EN LOS DISTRITOS DE APATA, MATAHUASI Y CONCEPCIÓN EN EL VALLE DEL MANTARO. Tesis para optar al título de Zootecnista*. Perú: Universidad Nacional Agraria.

Zambrano, A., & Zambrano, L. (2008). Evaluando la efectividad de la descomposición MYT para la interpretación de señales fuera de control en la carta T2. *Tumabaga*, 141 - 156.

Anexos

Anexo 1. Matriz correlaciones grasa

1. > cor(grasa)

	Gallinazo	Tablazo	Neira	KM41	Jazmin
Gallinazo	1.00000000	-0.372299895	-0.12062364	-0.23947532	-0.05358454
Tablazo	-0.37229989	1.00000000	0.29166327	0.25467631	-0.13863026
Neira	-0.12062364	0.291663266	1.00000000	0.10241944	-0.35525265
KM41	-0.23947532	0.254676312	0.10241944	1.00000000	0.18212548
Jazmin	-0.05358454	-0.138630258	-0.35525265	0.18212548	1.00000000
Playa.larga	-0.28674299	-0.050587331	-0.11967582	0.19810869	0.41876823
Potosi	-0.32235500	0.167874502	-0.04932135	0.13292516	0.17430608
Valles	0.13566026	-0.042824952	-0.03142415	-0.11017200	-0.20127970
Silencio	-0.13035665	0.273193417	0.32569267	0.05551141	0.04113530
Zagales	-0.35953999	-0.005351162	-0.08705212	-0.18519140	0.19898911
Despiste	0.19814490	0.048530409	0.44373961	-0.04344009	-0.22313156

	Playa.larga	Potosi	Valles	Silencio	Zagales
Gallinazo	-0.28674299	-0.32235500	0.13566026	-0.13035665	-0.359539994
Tablazo	-0.05058733	0.16787450	-0.04282495	0.27319342	-0.005351162
Neira	-0.11967582	-0.04932135	-0.03142415	0.32569267	-0.087052121
KM41	0.19810869	0.13292516	-0.11017200	0.05551141	-0.185191396
Jazmin	0.41876823	0.17430608	-0.20127970	0.04113530	0.198989109
Playa.larga	1.00000000	0.26452470	-0.00731756	0.29635053	0.433042554
Potosi	0.26452470	1.00000000	-0.24931243	0.09618229	0.287275243
Valles	-0.00731756	-0.24931243	1.00000000	0.17369720	0.118595877
Silencio	0.29635053	0.09618229	0.17369720	1.00000000	0.053566153
Zagales	0.43304255	0.28727524	0.11859588	0.05356615	1.000000000
Despiste	0.02165817	-0.20326926	0.20384068	-0.00630176	0.039721145

	Despiste
Gallinazo	0.19814490
Tablazo	0.04853041
Neira	0.44373961
KM41	-0.04344009
Jazmin	-0.22313156
Playa.larga	0.02165817
Potosi	-0.20326926
Valles	0.20384068
Silencio	-0.00630176
Zagales	0.03972114
Despiste	1.00000000

Anexo 2. Matriz correlaciones proteína

> cor(proteos)

	Gallinazo	Tablazo	Neira	KM41	Jazmin
Gallinazo	1.00000000	0.21247873	0.13382135	-0.28600112	0.033018958
Tablazo	0.21247873	1.00000000	0.30514160	0.07913709	-0.056268596
Neira	0.13382135	0.30514160	1.00000000	-0.36502847	-0.002847730
KM41	-0.28600112	0.07913709	-0.36502847	1.00000000	-0.048369180
Jazmin	0.03301896	-0.05626860	-0.00284773	-0.04836918	1.000000000
Playa.larga	-0.10746175	0.03447840	0.04231994	0.15091335	-0.131494498
Potosi	0.04536331	0.07046393	0.21316403	-0.08993680	0.301593054
Valles	0.26461006	0.15117438	0.01224858	-0.24747259	-0.006656915
Silencio	0.18077943	-0.06644769	0.05419712	-0.15247404	-0.196370262
Zagales	0.21758032	-0.17099370	-0.02283021	-0.11139317	-0.273815368
Despiste	0.11559717	-0.15069831	0.40949123	-0.07204006	0.043563409

	Playa.larga	Potosi	Valles	Silencio	Zagales
Gallinazo	-0.10746175	0.04536331	0.264610064	0.18077943	0.21758032
Tablazo	0.03447840	0.07046393	0.151174385	-0.06644769	-0.17099370
Neira	0.04231994	0.21316403	0.012248578	0.05419712	-0.02283021
KM41	0.15091335	-0.08993680	-0.247472590	-0.15247404	-0.11139317
Jazmin	-0.13149450	0.30159305	-0.006656915	-0.19637026	-0.27381537
Playa.larga	1.00000000	-0.28629801	-0.294609551	0.01864479	0.05516785
Potosi	-0.28629801	1.00000000	0.133504299	0.06321555	-0.18891615
Valles	-0.29460955	0.13350430	1.000000000	0.03546731	-0.04106874
Silencio	0.01864479	0.06321555	0.035467308	1.00000000	0.26966001
Zagales	0.05516785	-0.18891615	-0.041068737	0.26966001	1.00000000
Despiste	-0.05889600	0.11942366	0.197501579	0.30236831	0.16546090

Despiste	0.11559717
Gallinazo	-0.15069831
Tablazo	0.40949123
Neira	-0.07204006
KM41	0.04356341
Jazmin	-0.05889600
Playa.larga	0.11942366
Potosi	0.19750158
Valles	0.30236831
Silencio	0.16546090
Zagales	1.00000000

Anexo 3. Matriz correlaciones sólidos no grasos

> cor(sólidos)

	Gallinazo	Tablazo	Neira	KM41	Jazmin
Gallinazo	1.00000000	0.100606344	-0.02315498	-0.28197101	-0.06285771
Tablazo	0.10060634	1.000000000	0.38228792	0.06760731	0.26243840
Neira	-0.02315498	0.382287922	1.00000000	-0.20427127	-0.18794132
KM41	-0.28197101	0.067607306	-0.20427127	1.00000000	0.27243330
Jazmin	-0.06285771	0.262438404	-0.18794132	0.27243330	1.00000000
Playa.larga	-0.14886714	-0.028671898	-0.17919239	0.26298980	0.23554842
Potosi	-0.05265093	-0.001946985	0.19929718	-0.16602639	-0.22788377
Valles	-0.03119482	0.035965665	0.08105808	-0.11481322	-0.10020755
Silencio	-0.02005984	0.007451013	-0.15053127	0.27725760	0.25590499
Zagales	-0.29935522	-0.295689406	-0.03060535	0.29823564	0.06336820
Despiste	0.08327781	-0.148199452	0.34991069	-0.15898907	0.06414610

	Playa.larga	Potosi	Valles	Silencio	Zagales
Gallinazo	-0.1488671	-0.052650932	-0.03119482	-0.020059841	-0.29935522
Tablazo	-0.0286719	-0.001946985	0.03596567	0.007451013	-0.29568941
Neira	-0.1791924	0.199297176	0.08105808	-0.150531268	-0.03060535
KM41	0.2629898	-0.166026394	-0.11481322	0.277257597	0.29823564
Jazmin	0.2355484	-0.227883770	-0.10020755	0.255904986	0.06336820
Playa.larga	1.0000000	-0.308986273	-0.30892886	-0.115800679	0.33441230
Potosi	-0.3089863	1.000000000	0.19574332	-0.093872410	-0.12131515
Valles	-0.3089289	0.195743321	1.00000000	-0.071130929	-0.20204956
Silencio	-0.1158007	-0.093872410	-0.07113093	1.00000000	0.13179588
Zagales	0.3344123	-0.121315149	-0.20204956	0.131795879	1.00000000
Despiste	-0.3267311	0.242093001	0.26923973	0.085548714	0.05429931

	Despiste
Gallinazo	0.08327781
Tablazo	-0.14819945
Neira	0.34991069
KM41	-0.15898907
Jazmin	0.06414610
Playa.larga	-0.32673107
Potosi	0.24209300
valles	0.26923973
Silencio	0.08554871
Zagales	0.05429931
Despiste	1.00000000

Anexo 4. Tablas de descomposición MYT para grasa

1. `> grasa_msqc = mult.chart(grasa[,1:11], type = "t", alpha = 0.05)`

The following(s) point(s) fall outside of the control limits[1] 5 17 29

\$`Decomposition of`[1] 5

	t2	decomp	uc1	p-value	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
[1,]	0.8282	5.6478	0.3703	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
[2,]	9.6592	5.6478	0.0042	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
[3,]	0.5095	5.6478	0.4810	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
[4,]	0.9013	5.6478	0.3503	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
[5,]	3.0821	5.6478	0.0897	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
[6,]	0.9735	5.6478	0.3320	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
[7,]	0.0551	5.6478	0.8161	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
[8,]	0.0526	5.6478	0.8203	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
[9,]	1.9136	5.6478	0.1771	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
[10,]	0.1294	5.6478	0.7217	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
[11,]	0.3261	5.6478	0.5723	11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

\$`Decomposition of`[1] 17

	t2	decomp	uc1	p-value	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
[1,]	0.0108	5.6478	0.9180	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
[2,]	1.6377	5.6478	0.2108	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
[3,]	0.0229	5.6478	0.8807	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
[4,]	4.8445	5.6478	0.0358	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
[5,]	9.9286	5.6478	0.0038	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
[6,]	1.1001	5.6478	0.3029	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
[7,]	0.7134	5.6478	0.4052	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
[8,]	0.3255	5.6478	0.5727	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
[9,]	0.0001	5.6478	0.9943	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
[10,]	0.0129	5.6478	0.9103	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
[11,]	0.7606	5.6478	0.3903	11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

\$`Decomposition of`[1] 29

	t2	decomp	uc1	p-value	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
[1,]	0.0025	5.6478	0.9603	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
[2,]	0.6528	5.6478	0.4257	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
[3,]	0.5569	5.6478	0.4615	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
[4,]	0.5279	5.6478	0.4733	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
[5,]	0.4066	5.6478	0.5287	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
[6,]	0.7003	5.6478	0.4095	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
[7,]	8.7547	5.6478	0.0061	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
[8,]	2.7853	5.6478	0.1059	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
[9,]	0.7428	5.6478	0.3958	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
[10,]	2.0700	5.6478	0.1609	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
[11,]	0.1481	5.6478	0.7031	11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Anexo 5. Tablas de descomposición MYT para proteína

proteos_msqc = mult.chart(proteinal[,1:11], type = "t", alpha = 0.05)
 The following(s) point(s) fall outside of the control limits[1] 16 17 21
 22 24 30

```
$`Decomposition of`[1] 16
      t2 decomp      ucl p-value 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11
[1,] 0.1431 5.6478 0.7080 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
[2,] 1.6282 5.6478 0.2121 2 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
[3,] 0.0149 5.6478 0.9038 3 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
[4,] 0.6489 5.6478 0.4271 4 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
[5,] 16.6377 5.6478 0.0003 5 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
[6,] 1.6708 5.6478 0.2064 6 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
[7,] 5.2269 5.6478 0.0297 7 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
[8,] 0.6377 5.6478 0.4310 8 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
[9,] 0.0274 5.6478 0.8696 9 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
[10,] 0.2635 5.6478 0.6116 10 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
[11,] 0.0416 5.6478 0.8398 11 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
```

```
$`Decomposition of`[1] 21
      t2 decomp      ucl p-value 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11
[1,] 0.2137 5.6478 0.6473 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
[2,] 0.7935 5.6478 0.3804 2 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
[3,] 0.6006 5.6478 0.4446 3 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
[4,] 1.5702 5.6478 0.2202 4 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
[5,] 0.9142 5.6478 0.3469 5 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
[6,] 0.5348 5.6478 0.4705 6 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
[7,] 0.0000 5.6478 0.9966 7 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
[8,] 0.8614 5.6478 0.3610 8 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
[9,] 2.5624 5.6478 0.1203 9 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
[10,] 0.0659 5.6478 0.7993 10 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
[11,] 7.5188 5.6478 0.0104 11 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
```

```
$`Decomposition of`[1] 22
      t2 decomp      ucl p-value 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11
[1,] 0.0018 5.6478 0.9668 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
[2,] 10.8795 5.6478 0.0026 2 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
[3,] 1.6833 5.6478 0.2047 3 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
[4,] 0.0981 5.6478 0.7563 4 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
[5,] 0.0999 5.6478 0.7542 5 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
[6,] 1.2907 5.6478 0.2652 6 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
[7,] 1.3019 5.6478 0.2632 7 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
[8,] 0.2609 5.6478 0.6134 8 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
[9,] 0.1493 5.6478 0.7020 9 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
[10,] 3.4624 5.6478 0.0729 10 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
[11,] 4.0678 5.6478 0.0531 11 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
```

```
$`Decomposition of`[1] 30
      t2 decomp      ucl p-value 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11
[1,] 16.2767 5.6478 0.0004 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
[2,] 0.0284 5.6478 0.8673 2 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
[3,] 0.0729 5.6478 0.7891 3 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
[4,] 4.6144 5.6478 0.0402 4 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
[5,] 0.6065 5.6478 0.4424 5 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
[6,] 0.2333 5.6478 0.6327 6 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
[7,] 0.0669 5.6478 0.7977 7 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
[8,] 0.6150 5.6478 0.4393 8 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
[9,] 2.2212 5.6478 0.1469 9 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
[10,] 3.9564 5.6478 0.0562 10 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
[11,] 1.2330 5.6478 0.2759 11 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
```

Anexo 6. Tablas de descomposición MYT para sólidos no grasos

```
> Sólidos_msqc = mult.chart(Sólidos[,1:11], type = "t", alpha = 0.05
The following(s) point(s) fall outside of the control limits[1] 20 22 30
$`Decomposition of`[1] 20
```

	t2	decomp	uc1	p-value	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
[1,]	0.7333	5.6478	0.3988	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
[2,]	0.3324	5.6478	0.5687	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
[3,]	12.9161	5.6478	0.0012	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
[4,]	0.0584	5.6478	0.8107	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
[5,]	0.8613	5.6478	0.3610	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
[6,]	0.3623	5.6478	0.5519	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
[7,]	0.0113	5.6478	0.9161	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
[8,]	0.3075	5.6478	0.5835	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
[9,]	0.0936	5.6478	0.7618	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
[10,]	0.5727	5.6478	0.4553	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
[11,]	6.4646	5.6478	0.0166	11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

```
$`Decomposition of`[1] 22
```

	t2	decomp	uc1	p-value	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
[1,]	0.0011	5.6478	0.9740	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
[2,]	9.4990	5.6478	0.0045	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
[3,]	1.9740	5.6478	0.1706	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
[4,]	0.3738	5.6478	0.5457	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
[5,]	0.0005	5.6478	0.9821	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
[6,]	1.3743	5.6478	0.2506	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
[7,]	1.0354	5.6478	0.3173	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
[8,]	0.3480	5.6478	0.5598	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
[9,]	0.5409	5.6478	0.4680	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
[10,]	0.0916	5.6478	0.7643	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
[11,]	3.4068	5.6478	0.0752	11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

```
$`Decomposition of`[1] 30
```

	t2	decomp	uc1	p-value	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
[1,]	17.9128	5.6478	0.0002	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
[2,]	0.0001	5.6478	0.9915	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
[3,]	0.4653	5.6478	0.5006	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
[4,]	4.8576	5.6478	0.0356	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
[5,]	0.3735	5.6478	0.5458	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
[6,]	0.0821	5.6478	0.7765	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
[7,]	0.1559	5.6478	0.6958	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
[8,]	1.0806	5.6478	0.3072	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
[9,]	0.0210	5.6478	0.8858	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
[10,]	0.9383	5.6478	0.3407	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
[11,]	0.0625	5.6478	0.8044	11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0